37934/B

Digitized by the Internet Archive
in 2018 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/b29294721

Zur vergleichenden

Physiologie des Gesichtssinnes

des Menschen und der Thiere

nebst

einem Versuch über

die Bewegungen der Augen

und über

den menschlichen Blick

von

Dr. Johannes Müller,

Privatlehrer der Medicin an der Universität zu Bonn, praktischem Arzt und Wundarzt daselbst, Mitglied der Kaiserl. Leopoldin. Carolin. Academie der Naturforscher.

Mit acht Kupfertafeln.

Leipzig,

bei C. Cnobloch.

1826.

30,065

Gehalt ohne Methode führt zur Schwärmerei,
Methode ohne Gehalt zum leeren Klügeln,
Stoff ohne Form zum beschwerlichen Wissen,
Form ohne Stoff zum hohlen Wähnen.

Goethe.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

Sr. Excellenz

dem

Herrn Freiherrn

Stein von Altenstein

Königl. Preuß. wirklichen geheimen Staats-Minister, Chef des Königl. Hohen Ministerii der Geistlichen-, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten, des rothen Adlerordens erster Klasse und des eisernen Kreuzes Ritter, Mitglied der Academie der Wissenschaften zu Berlin ꝛc.

widmet

als

bescheidenes Denkmal

der innigsten

Hochachtung und Verehrung

diese Blätter

in tiefster Ehrfurcht

Der Verfasser.

Vorwort.

Die gegenwärtigen Abhandlungen sind die Früchte langer und mühsamer Studien, sie betreffen, nach dem Umfange dieser Studien, und wie es der Trieb nach besserer Erkenntniß mit sich führte, gerade diejenigen Gebiete in der Physiologie des Gesichtssinnes, die man als schwierige Probleme theils leichtfertig, theils in vorläufiger Bestimmung der Aufgabe größtentheils übergangen. Da ich nun nicht etwa nur vorhandenes Gemeingut besser zu ordnen, sondern lediglich von meinen eigenen neuen Untersuchungen Rechenschaft zu geben hatte, ist die Form dieser Schrift und gleichsam ihr Haushalt nothwendig geworden. Dadurch sind zwar die einzelnen Abhandlungen abgeschlossene Ganze, ruhen aber doch ebenso sehr in gegenseitigen Fugen, als die Entstehung des Einzelnen außer dem Sinne und Umfange des Ganzen von Seiten des Schreibers unmöglich gewesen.

Die Methode, worin ich bei der Bearbeitung der Physiologie der Sinne die größte Befriedigung

und Gewähr gefunden habe, zeichnet sich von anderen dadurch aus, daß sie überall von subjectiven Gesichtsphänomenen, welche hier die Urphänomene sind, auszugehen sich bestrebet. Die subjectiven Gesichtserscheinungen sind zwar aus ihrer bisherigen Unterordnung als pathologische Symptome befreit worden; sie erfreuen sich einer freien, ihnen als Gesichtswahrheiten ohne fremdartige Beimischung gewidmeten Bearbeitung. Aber man hat diese Erscheinungen noch wenig zur Aufhellung und Lösung der Probleme der objectiven Gesichtserscheinungen angewandt. Um diesen unsern Standpunct besser zu bezeichnen und zur vorläufigen Verständigung mögen wir einen Blick auf die Geschichte der physiologischen Lehren über die Sinnesthätigkeit werfen. Wir können füglich in drei Perioden der Entwickelung und des Fortganges unterscheiden, die vielleicht auch die geschichtliche Bewegung des Geistes in der Naturforschung überhaupt umfassen.

Die erste Periode möchten wir die dogmatische nennen. Sie umfaßt die Lehren der Griechischen Physiker und ihrer Ausleger bis zu dem Wiederaufleben der Wissenschaften. Alle hieher gehörigen sogenannten Erklärungen des Sehens sind theils bloß hypothe-

tisch, und diese selbst nicht einmal falsche Erklärungen, sondern überhaupt keine Erklärungen des Sehens; theils haben sie wirklich einen philosophischen Inhalt. Insgesammt aber mangelt ihnen alle empirische Kenntniß von der Natur des Lichtes und der Bildung des Sehorganes.

Es kam zuerst darauf an, den Unterschied des Raumes zwischen dem Sehenden und dem Gesehenen aufzuheben, und die dem entfernten sichtbaren Körper angehörenden Unterschiede durch irgend eine Vermittelung auch in das Auge zu setzen. Ob wir nun aber mit Epicur, Leucipp und Lucretius sagen, die Oberfläche der Körper werde immer dünner, um sich bis zu dem Auge zu verflüchtigen, oder ob wir mit Plotinus und Anderen meinen, die Welt des Empfindenden und Empfundenen habe keine Grenze, sey continuirlich, man könne die Augen nicht von dem Sichtbaren getrennt betrachten, und unsere Empfindung dehne sich über die sichtbare Grenze unseres Körpers aus, oder ob wir endlich mit Aristoteles annehmen, daß irgend ein vermittelnder Aether die leichten Schwingungen der Körper theilend, sie zu dem Auge fortpflanze: alle diese hypothetischen, unseren jetzigen empirischen Kenntnissen

ohnehin widersprechenden Annahmen lassen, das Sehen erklären wollend, über das Wesentliche, den Sinn, die Empfindung des Dunkeln, Lichten und Farbigen im Zweifel, und erklären bloß, aber falsch, die Bedingungen des Sehens, wobei die unbekannte Empfindung eben so gut Ton, Gefühl, Geruch u. s. w. seyn könnte. Alle diese Erklärungen setzen das Sichtbare oder das Licht als ein fertiges Aeußeres voraus, und damit auch den Sinn.

Dem wahren philosophischen Geiste konnte es nicht entgehen, daß, wenn das Sehende in der Empfindung nicht durch sich selbst leuchtend ist, es keinen Grund haben könnte, ein äußeres Licht als wirklich leuchtend zu empfinden. Dieser Gedanke liegt schon dunkel der Stoischen und Pythagoräischen Annahme zu Grunde, daß das Sehen durch Ausflüsse des Auges oder des Geistes geschehe u. s. w. In der Platonischen physiologischen Mythe ist aber jene Nothwendigkeit ganz zum Bewußtseyn erhoben; und wir können die Platonische Ansicht von dem Sehen als das Höchste betrachten, wozu es in dieser dogmatischen Periode in der Form des Mythus kommen konnte.

„Unter allen Organen bildeten die

Götter die strahlenden Augen zuerst, um des Grundes Willen. Ein Organ des Feuers, das nicht brennt, sondern ein mildes Licht giebt, jedem Tage angemessen, hatten sie bei dieser Bildung zur Absicht. — Wenn das Tageslicht um den Ausfluß des Gesichtes ist, und Gleiches zu Gleichem ausströmend sich vereint, so entwirft sich in der Richtung der Augen ein Körper, wo immer das aus dem Innern strömende Licht mit dem äußern zusammentrifft. — Wenn aber das verwandte Feuer des Tages in die Nacht vergeht, so ist auch das innere Licht verhalten; denn in das Ungleichartige ausströmend verändert es sich und erlischt, indem es durch keine Verwandschaft der Luft sich anfügen und mit ihr Eins werden kann, da sie selbst kein Feuer hat."

Betrachten wir diese Urkunde mythischer Physik als das, was sie seyn will, so können wir nicht genug die tiefere Bedeutung in einer so einfachen durchsichtigen symbolischen Form bewundern. Sie will aber auch ausgelegt seyn, und es ist der Absicht der

Urkunde zuwider, daß ihr Inhalt nach seinem wörtlichen Sinne verstanden werde. Denn wenn das Leuchten dem Auge selbst einwohnt, wozu bedarf es des äußern Lichtes als solchen zum Sehen; jeder Reiz wird das Leuchten in dem Auge hervorrufen, wodurch wir den Reiz selbst leuchtend zu sehen vermeinen.

Die späteren und zum Theil auch neueren philosophischen Lehren über die Entstehung der äußeren Sinne sind noch ganz auf diesem Platonischen Standpuncte.

Dem Lichte sey das Auge gleich gebildet; der Bewegung entspreche das Gehör, dem Chemismus der gasförmigen und tropfbarflüssigen Substanzen der Geruch und der Geschmack, der Schwere das Gefühl. Alle diese Dinge, das Licht, die Bewegung, der Chemismus, die Schwere seyen auch im thierischen Organismus, nur seyen einige Theile mehr dem Licht homogen, andere bewegend, andere mehr chemisch wirkend, und der sich selbst empfindende Organismus empfinde sein eigenes Schwerseyn als Gefühl, seinen eigenen chemischen Proceß als Salziges, Saures, Wärme,

er höre seine eigenen ihm immanenten Bewegungen.

Was nun im Organismus am wenigsten schwer, am wenigsten salzig, sauer, u. s. w., am wenigsten bewegt, erzitternd, aber am meisten leuchtend, das müsse sein eigenes Leuchten auf den äußern Reiz auch am meisten empfinden, und in diesem sey das Organ der Lichtempfindung ausgebildet.

Ferner, was am wenigsten schwer, am wenigsten selbst leuchtend, u. s. w., am meisten aber der Erzitterung fähig, fühle sein eigenes Erzittern als Gehör und töne.

Endlich was am wenigsten der Erzitterung, des Selbstleuchtens fähig, am meisten aber der chemischen Veränderungen, das empfinde eben diese schmeckend und riechend. Und so sey das Auge ein sich empfindend Leuchtendes, das Ohr ein sich empfindend Tönendes u. s. w.

Darin erkennen wir eine weitere Ausbildung der Platonischen Lehre, welche im Timaeus niedergelegt ist.

Lernen wir in dem ersten Zeitraume eine vorläufige Bestimmung der Aufgabe und die Ahndung einer be-

friedigenden Lösung derselben in mythisch-philosophischer Behandlung kennen, wobei wir nichts so sehr vermissen als die Kenntniß des Sehorganes und der Bewegungsgesetze des Lichtes, so zeichnet sich die zweite Periode dadurch vielmehr aus, daß der Verstand die empirischen Bedingungen zum Sehen, zur Thätigkeit des Sinnes, welche in dem ersten Zeitraume dogmatisch falsch angegeben worden, durch nähere Kenntniß der Bewegungsgesetze des Lichtes genau bestimmt, bei aller empirischen Ausbildung aber über die von Plato wenigstens symbolisch und mythisch behandelte Sinnlichkeit als das Letzte und Wesentliche beim Sehen hinwegschreitet, indem er dem Sehen genug gethan zu haben scheinet, wenn er eingesehen hat, wie sich auf dem Boden des Auges ein leuchtendes Bild entwerfe. Warum es aber leuchtend empfunden werde, dieses fiel nicht ein zu fragen und zu untersuchen. Wir können daher als Stichwort dieser empirischen Ansicht festsetzen und den aufgeführten und noch zu bezeichnenden Theoremen gegenüberstellen:

Das Auge leuchtet nicht, das Ohr tönt nicht, die Zunge ist nicht salzig, sauer, u. s. w. Nur der äußere Körper leuch-

tet, tönt, u. s. w. Die Sinnesorgane empfinden schlechthin das sie afficirende äußere Leuchten, Tönen; nur kömmt den verschiedenen Sinnesorganen eine sogenannte specifische Empfänglichkeit für besondere Reize zu. So kömmt die Lichtempfindung dadurch zu Stande, daß das schon fertige äußere Licht schlechthin auch nun als solches empfunden wird.

Das ist freilich keine Erklärung des Sehens, nicht einmal eine falsche. Indem ich dieses ausspreche, hüte ich mich wohl, den Verdiensten von Kepler, Newton, Jurin, Smith, Euler, Mariotte, Bernouilli, Porterfield um die genaue und befriedigende Kenntniß der physikalischen Bedingungen des Sehens zu nahe zu treten; muß aber leider einsehen, daß zu einer Zeit, in welcher sich vorzugsweise Optiker und Mathematiker mit dem Sehen beschäftigten, und in welcher die eigentlich physiologische Frage nicht weiter gehört wurde, die Physiologen das physikalische Resultat, als wäre damit genug gethan, ohne Weiteres willig auch als physiologisch aufnahmen. Man beschäftigte sich viel und

fortdauernd mit der Frage des Verkehrt- oder Geradesehens, der Undeutlichkeit und Deutlichkeit der Bilder, dem Sehen in verschiedenen Fernen, nicht aber mit der Sinnlichkeit des Sehens selbst. Und so mögen wir dann diese zweite Periode die physikalische nennen. Uebrigens können wir uns freilich nicht verläugnen, daß die Physiologie des Gesichtssinnes fast überall in den physiologischen Büchern noch auf dieser zweiten Stufe ihres Fortganges steht, wobei man es denn bis zur Verwunderung weit gebracht zu haben scheint, daß man die optischen Gesetze der Bilderentstehung durch das Bild im leucaethiopischen Auge bestätigen kann. Wir können uns indessen über diese Fortschritte beruhigen, wenn wir da, wo von dem Letzten, der Natur des besondern Sinnes die Rede seyn sollte, die abschließenden Worte lesen, welche den Standpunct einer nur empirisch fortschreitenden Physiologie allzudeutlich bezeichnen:

L'action de la retine est une action vitale, le *mecanisme* en est completement inconnu.

In Deutschland hat man die Nothwendigkeit einer höhern physiologischen Erkenntniß besser eingesehen, während die Physiologie des Auslandes eine gewisse Scheu vor jeder theoretischen Untersuchung

nicht hat verläugnen können. Ein berühmter Physiologe des Auslandes hat uns den Beweis geliefert, daß er die falschen theoretischen Erklärungen oder sogenannten Hypothesen tactfest wird vermeiden können; und dieser negative Werth ist an einem Handbuche sehr zu schätzen; er hat uns aber auch bewiesen, daß er die wahre Theorie, welche keine Hypothese seyn kann, nicht würde erkennen können, sobald sie ihm einmal vorkommen sollte. Diese fast naive Abneigung vor allen theoretischen Untersuchungen sollte den Deutschen nie anstößig, vielmehr eine Erscheinung von psychologischem Interesse seyn.

Nur den dritten Zeitraum, welcher die neuesten physiologischen Deutschen Arbeiten über den Gesichtssinn umfaßt, kann man im Gegensatze der dogmatischen und physikalischen Periode den physiologischen oder theoretischen nennen; wir rechnen dahin die Arbeiten von Goethe, Himly, Troxler, Steinbuch, Purkinje. Die subjectiven Gesichtsphänome, die man seit Darwin, Scherffer und Buffon Gesichtstäuschungen und zufällige Farben zu nennen gewohnt war, wurden zum endlichen Heil der Physiologie als Gesichtswahrheiten erkannt, und führten zu den wesentlichen dem Sinne selbst einwohnenden Energieen. War

es in der Platonischen symbolischen Ansicht ein aus dem Auge selbst ausströmendes Feuer, das einem äußern von den Gegenständen ausströmenden Feuer entgegen kam, so führten die subjectiven, ohne äußeres Licht erregten Gesichtserscheinungen zu der Grundwahrheit:

Daß das Dunkle, das Lichte, das Farbige als die wesentlichen Energieen des Sinnes diesem immanent sind, daß sich das Sehorgan im Zustande der Ruhe dunkel, im Zustande jeder Reizung licht und farbig anschaue, daß das Auge subjectiv zwar leuchte, aber kein Licht ausströme, daß die Gegenstände für sich selst nicht leuchten, daß vielmehr das Auge, indem es gegen jeden Reiz in seinen Energieen leuchtend thätig ist, auch jedweden Reiz leuchtend oder farbig sieht. Die physikalischen Bedingungen des Sehens setzen räumliche Unterschiede des Reizes in dem Auge, und dieses empfindet jene Unterschiede der Reizung leuchtend und farbig.

Eben so mit den Energieen der anderen Sinne.

In der vollkommenen Kenntniß der physischen Bedingungen des Sehens und in der Verfolgung der subjectiven Gesichtserscheinungen als Urphänomenen ist uns nunmehr der Weg zu einer befriedigenden Einsicht in die Sinnlichkeit des Sehorganes gebahnt. Es ist vorzüglich einer kurzsichtigen Vernachläßigung dieser Phänomene zuzuschreiben, daß unsere Kenntnisse von dem Sehen lange genug so mangelhaft und unzureichend waren, so daß man immer noch bis auf den heutigen Tag von neuen Theorien des Sehens reden hört, die uns doch nichts Anderes kennen lehren, als eine aus mangelhafter Kenntniß der Bewegungsgesetze des Lichtes hervorgehende neue, aber unrichtige Erörterung der äußeren Bedingungen des Sehens. Kennten wir einmal die subjectiven Phänomene der anderen Sinne, wie des Gehörs, genauer, so könnte uns auch die Sinnlichkeit dieser nicht ferner ein Räthsel bleiben.

Ueberschauen wir nun nochmal mit einem Blick den Verfolg unserer bisherigen Betrachtung, so sehen wir, daß sich auch in der Geschichte dieses Theiles der Physiologie jene drei Erkenntnißstufen, wie in allen anderen Gebieten der Naturforschung, wiederhohlt haben.

*

Die dogmatiſche, ohne empiriſche Gewähr, in ihrer höchſten Steigerung zur Mythe führend.

Die empiriſche, ohne philoſophiſche Grundlage, zur vorläufigen Hypotheſe führend.

Die theoretiſche Erkenntnißſtufe, philoſophiſch und empiriſch zugleich, in wechſelſeitiger Durchdringung, die wahre Theorie aus ſich entwickelnd.

Dieſe Verbindung des Gedankens mit der Erfahrung iſt der höchſte Zweck, welchen ſich der Verfaſſer in ſeinen phyſiologiſchen Arbeiten vorgeſteckt, und worin er die einzig wahre Methode, die Phyſiologie zu behandeln, erkennt. Er mag gerne Alles ſelbſt unterſuchen, ſelbſt ſehen, und verläßt ſich dabei auf ein Paar ſcharfe unverdroßene Augen. Nichts iſt ihm fremder, als die Abneigung vor der empiriſchen ſelbſtgewonnenen Gewißheit, die man leider hier und dort unter Phyſiologen, namentlich in Deutſchland gewahr wird; und er hütet ſich wohl, daß es ihm wie Herrn Triſtram ergehe, wenn dieſer von dem weißen Bären redet. Ueber die Weite, in welcher Gedanke und Erfahrung zu rechter Methode ſich unterſtützen ſollen, mag die erſte einleitende Abhandlung über das Bedürfniß der Phyſiologie nach einer philoſophi-

schen Naturbetrachtung Rechenschaft geben, wie denn das Verständniß der übrigen den Sinn selbst betreffenden Untersuchungen durch diese Grenzbestimmung wesentlich erleichtert seyn möchte.

Uebrigens schließt sich den Arbeiten der letztgenannten Männer, Goethe, Himly, Troxler, Steinbuch, Purkinje die gegenwärtige freundlich und enge an, indem sie in weiterer Fortbildung die subjectiven Gesichtserscheinungen als Grundlage für die Erkenntniß der uns vorgesteckten Probleme macht, und namentlich auch hier durch Urphänomene das Gebiet der objectiven Sinneserscheinungen mit besserm Erfolg zu durchdringen sich bestrebt.

Ein anderer Punct, worauf ich in der Einleitung dieser Untersuchungen aufmerksam zu machen mich gedrungen fühle, ist, daß diese fast ausschließlich auf der schlichten Beobachtung ruhen, von dem Experimente aber nur sehr sparsam Gebrauch machen. Dieß ist nicht im Geiste unserer Zeit, welche das Experiment endlich gar als das Wort Gottes in der Physiologie zu betrachten anfängt. Möchte diese Arbeit, dieß wünsche ich sehnlich, den Beweis liefern können, daß die ruhige einfache Beobachtung ins Innere der Probleme führt, wenn es ein gefährliches Spiel der Vorbereitung bleibt,

einem unzuverläßigen Experimente vertrauensvoll sich hinzugeben. Wie viel man heute physiologisch zu nennen beliebt, das weiß man. Man setzt ein Organ in die Mitte, setzt seine Lebenserscheinungen als ein Unerklärbares voraus und macht nun von allen Seiten versuchslustige Ansprünge, durch die man dem Unbekannten eine einsylbige Antwort abzugewinnen sucht. Fast lustiger Weise schreitet man über die wichtigsten physiologischen Fragen weg, lächelt über die Irritabilität, und meint gar, nun wäre es gethan, wenn man die Muskelbewegung nach ihrer Intensität, Dauer, Schnelligkeit und Ausdehnung betrachte. Experimente machen ein ephemeres Glück und sinken mit tausend anderen in eine verdiente Vergessenheit. Das wäre nun Alles noch gut, wenn man nicht von der besten sichersten Gewähr der einfachen Beobachtung, welche ihr Talent voraussetzt und nicht jedes Mannes Sache ist, wie der Versuch unserer Zeit, leichtfertig abgeführt würde.

Es ist aber, wie wenn man, um die Größe eines Flusses zu messen, gegen seinen Strom schwimmen müsse. Der Mann von Verulam wußte bitter davon zu erzählen. At modus experiendi, quo homines nunc utuntur, caecus et stupidus. Itaque cum errant et vagantur nulla certa via, sed ex occursu rerum tantum consilium capiunt, circumferun-

tur ad multa, sed parum promovent et quandoque gestiunt, quandoque distrahuntur et semper inveniunt, quod ulterius quaerant. Wir sind weit entfernt, den Werth des Experimentes in der Physiologie zu mißkennen. Wenn aber das Experiment den Meisten zugänglich, von den Wenigen jedoch nur, welche zu beobachten verstehen, richtig angelegt und in seinem Erfolge wohl ausgelegt werden kann, so muß uns die allseitige Richtung einer Physiologie, welche mit einer Art von Ostentation keine andere als Experimentalphysiologie seyn will, bedenklich vorkommen. Sehr erfreulich aber scheint es uns zu bemerken, wie wenig man in Deutschland von jenem Strudel sich hinreißen läßt, um bei dem wahren Stammgut, der Beobachtung, auszudauern. Denn Beobachten ist ja selbst die wichtigste physiologische Operation; was ist Beobachten Anderes, als das Wesentliche in den Veränderungen, das dem Beweglichen Immanente von dem Zufälligen zu trennen, da vielmehr das Experiment, hier und dorthin greifend, das Zufällige mit dem Wesentlichen kunterbunt zusammenzuwerfen oft genug Anlage zeigt. Eben so erfreulich scheint es uns, wie einzelne französische Naturforscher, Prevost und Dumas, gegen eine allseitige Richtung auf dem Wege der Beobachtung mit dem größten Erfolge voranschreiten.

Die Bahn der Erfahrung habe ich nur sehr selten, und wo es geschehen mußte, sehr ungern verlassen. So viel ich mir bewußt bin, habe ich nur in der III. Abhandlung Vermuthungen Raum gegeben. Wen die dort vorgetragene theoretische, auf subjective Gesichtsphänomene gestützte Ansicht von der Bildung des Chiasma des Menschen und der Thiere als zu voreilig und gewagt nicht befriedigt, der erkenne darin den ersten Schritt auf einem bisher noch nicht betretenen Wege und entschädige sich an den eben dort mitgetheilten reichlichen anatomischen Untersuchungen über denselben Gegenstand, auf welche die theoretische Ansicht durchaus keinen Einfluß hatte.

Aus der Natur der gegenwärtigen Untersuchungen ist offenbar, daß die Literatur, welche ich benutzen konnte, sehr gering war. Seit geraumer Zeit einen großen Theil meiner Studien dem Gesichtssinne zuwendend, habe ich Belehrung in allen zugänglichen Quellen gesucht. Nicht leicht möchte mir eine derselben entgangen seyn. Allein aus diesen Studien haben sich erst die Probleme gestellt, welche hier zur Untersuchung kommen. Die wenigen Schriften, welche ich im Verfolg der Untersuchung anzuziehen hatte, habe ich alle sammt und sonders gelesen, wobei ich zu erwähnen nicht unterlassen will, daß

mir die reiche und einzige Bibliothek des Herrn Geheimen Rathes Rudolphi in Berlin durch besondere Güte offen gewesen.

Das Fragment über die Verbreitung der Farben unter den Insecten, welches mit anderen Bruchstücken in der Abhandlung zur Goethe'schen Farbenlehre erscheint, sollte nach früherem Entwurfe in einer andern Verbindung zu Untersuchungen über den Einfluß des gefärbten Lichtes auf die Lebenserscheinungen der Pflanzen und Thiere gezogen werden. Diese letztere Arbeit hat aber weiter geführt, und konnte ohne größeren Apparat und reichlichere Mittel bisher nicht beendigt werden. Füglicher noch konnte dieses Bruchstück in einer Arbeit über die geographische Verbreitung der Insecten eine Stelle finden, wozu Manches vorgearbeitet worden. Aber für diesen Zweck müssen größere Sammlungen noch erst zu Rathe gezogen werden. Mag das Fragment also, das ich doch nicht weiter auszuführen wüßte, seine nunmehrige aus anderen Gründen ihm zukommende Verbindung behaupten. In eben diesem Abschnitte sind manche durch ihre Farben ausgezeichnete Insecten aufgeführt, die, dem entomologischen Museum zu Berlin angehörend, als neue

Arten anderweitig noch nicht unter der hier vorkommenden Bezeichnung bekannt sind. In diesen Fällen habe ich mich der Nomenclatur bedient, wie ich sie in jener reichen Sammlung vorgefunden.

Das im Anhange mitgetheilte Fragment zur Physiologie des Gehörsinnes sey der Vorläufer größerer in dem Sinne der übrigen Mittheilungen fortzuführender Untersuchungen über den Gehörsinn, zu deren Vollendung in einem bis jetzt noch ganz unfruchtbaren Boden die nächste Zeit nicht hinreichen wird.

Und somit wäre denn das Nothwendige zum richti- Verständniß dieser Mittheilungen vom Standpuncte des Schreibers aus gesagt. Möge man bei der Beurtheilung dieser Arbeiten billig nicht vergessen, daß ich meist wenige Vorarbeiter hatte. Was und wie viel dann zu rügen seyn werde, ich habe mir genug gethan, wenn ich so viel leistete, daß man über diese Versuche zu dem Besseren fortschreitet.

Bonn, im Herbste, 1825.

Inhalt.

I. Ueber das Bedürfniß der Physiologie nach einer philosophischen Naturbetrachtung.

Seite

Philosophie, Naturwissenschaft, Physiologie . . 1

Theorie und Empirie 6

Gesellige Verhältnisse und Abwege der Physiologie. Mythische Physiologie, mystische Behandlung 9

Die falsche Naturphilosophie 13

Die verständige Physiologie 15

Die teleologische Physiologie 17

Organon der Physiologie 18

Mittel der Physiologie 19

Beobachtung und Versuch 20

Morphologie 27

Der Sinn des Naturforschers und die wahre Sinnlichkeit 31

Physiologie und Theorie der Medicin 35

II. Von der Vermittelung des Subjectes und Objectes durch den Gesichtssinn.

1. Wie die thierische Einzelheit dazu komme, ihre Sinnesenergieen als eine von ihr selbst verschiedene Sinneswelt anzuschauen 39

2. Von den Energieen des Gesichtssinnes . . . 44

3. Von der absoluten physiologischen Größe des Auges und seiner Gesichtsobjecte im Verhältniß zur wahren und scheinbaren Größe der Objecte im Sinne der Physiker 56

4. Von der scheinbaren Lage der Gesichtsobjecte . 64

III. Von der subjectiven Identität und Differenz der Gesichtsfelder bei dem Menschen und den Thieren.

1. Von der subjectiven Einheit der Gesichtsfelder bei dem Menschen. Einheit des Ortes 71

Unterschied des Eindruckes 79

2. Von dem organischen Grund der subjectiven Einheit des Ortes in der Affection verschiedener Nervengebilde.

Räumlichkeit der Gefühlsobjecte und Räumlichkeit des empfindenden Nerven 83

Einheit der Empfindung in zwei Organen — Theilung der Nerven in identische Zweige . 86

3. Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma der Sehnerven bei dem Menschen 90

4. Von der subjectiven Identität und Differenz der Gesichtsfelder bei den Thieren 99

5. Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma und der Kreuzung der Sehnerven bei den Thieren 114
Säugethiere 117
Vögel 124
Amphibien 132
Fische 134

6. Uebersicht der Metamorphosen des Gesichtsorganes in der Thierwelt, in physiologischer Beziehung 141

7. Vergleichende Tabelle über den Unterschied der Divergenz der Augen bei den Wirbelthieren 142

8. Von der Desorganisation der identischen und differenten Theile der Sehsinnsubstanz bei dem Menschen und den Thieren 153

9. Von der monströsen Monophthalmie oder der Vereinigung der identischen Theile der Sehsinnsubstanz 160

IV. Von dem natürlichen Doppeltsehen.

1. Vom Doppeltsehen im Allgemeinen 167

2. Von den Phänomenen des Doppeltsehens bei einer beweglichen Convergenz der Sehachsen . 178

3. Von der verschiedenen Deutlichkeit der Doppelbilder 191

4. Von den Farbensäumen der Doppelbider . . 194

V. Von der wechselseitigen Bedingung der Convergenz der Sehachsen und des deutlichen Sehens in verschiedenen Fernen, und von den verschiedenen Arten des Schielens.

1. In wie fern der Refractionszustand der Augen von der Neigung der Sehachsen abhängig sey 208

2. In wie fern die Neigung der Sehachsen von dem Refractionszustande der Augen abhängig sey 214

3. Von den verschiedenen Arten des Schielens . 216

I. Strabismus concomitans. Bewegliches Schielen mit einem Auge 217

1. Strabismus ciliaris. Bewegliches Schielen mit einem Auge aus einem verschiedenen Refractionszustande der einzelnen Augen 218

2. Strabismus amblyopicus.. Bewegliches Schielen des schwachsichtigen oder amaurotischen Auges 222

3. Strabismus oculomotorius. Bewegliches Schielen mit einem Auge durch Leiden der Bewegungsorgane des Auges 223

4. Strabismus assuetus. Bewegliches Schielen mit einem Auge durch Angewöhnung . 224

5. Strabismus myopum. Schielen der Kurzsichtigen 227

II. (6.) Strabismus lusciosus; Luscitas. Unbewegliches Schielen mit einem Auge. Schiefsehen 227

III. (7.) Strabismus duplex. Doppeltschielen ohne Fixation 228

IV. (8.) Strabismus incongruus. Schielen aus einer verkehrten Identität der beiden Sehfelder 230

VI. Ueber die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick.

Combinirte Bewegungen der Augen 242
Bewegung der Augen und Beleuchtung 248
Bewegung der Augen und Gestalt der Objecte . 251
Sinnlichkeit der Bewegung 262
Verschiedene Sehweite, Coutuitus 268
Cernere, contemplari 273
Wechsel der Sehweite 278
Mittlere individuelle Sehweite 281
Sehweite in den Affecten 289
Sehweite in verschiedenen Altern 290
Entfernung der Augen 294
Nutzanwendung 298
Energie und Erethismus der Sehkraft, Bestimmtheit und Flüchtigkeit des Blickes 300

VII. Ueber die Augen und das Sehen der Insecten, Spinnen und Krebse.

1. Von den beiden in der Natur möglichen Arten des Sehorganes 307
2. Von den Augen der Arachniden, Scorpioniden und von den glatten Augen der Insecten . 315

Mygale avicularia 315
Scorpio Tunensis, S. Aegyptiacus . . . 316
Solpuga Aegyptiaca 322
Milben 324
Entomostraceen 324
Oniscoiden 325
Polypoden 325
Insecten mit einfachen Augen 326

3. Vom Sehen der Arachniden, Scorpioniden und Insecten mit glatten Augen 332

4. Von den zusammengesetzten Augen der Insecten und Krebse 337
Die Hornhaut 340
Die durchsichtigen Kegel des Glaskörpers . 343
Die Fasern des Sehnerven 351
Die Pigmente des Auges 352

5. Vom Sehen der Insecten und Krebse mit zusammengesetzten Augen 358
Größe des Gesichtsfeldes 368
Deutlichkeit und Undeutlichkeit des Bildes . 373
Die Gesichtsfelder der beiden Augen . . . 375
Nähe und Ferne der Gegenstände 377
Scheinbare Größe der Gegenstände . . . 379
Größe der Augen und Größe der Thiere . 380
Die lichtscheuen Insecten 381
Die Wasserinsecten 382

Die fleischfressenden und pflanzenfressenden Insecten 384
Larven, Chrysaliden und vollkommene Insecten 384
Wachsthum 385
Männchen, Weibchen und Geschlechtlose . . 386
Einfache und zusammengesetzte Augen . . . 388
Augen und Antennen 389
Augen und Glieder 389

VIII. Fragmente zur Farbenlehre, insbesondere zur Goetheschen Farbenlehre.

1. Die Farbenlehre vom Standpuncte der Physiologie 393

2. Physiologische Farben 397
Schwarze und weiße Bilder zum Auge . . 400
Helligkeit und Dunkelheit der Blendungsbilder 401

3. Physische Farben 404
Bedingungen der Farbenentstehung . . . 404
Dioptrische Farben durch trübe Mittel . . 406
Dioptrische Farben durch Refraction . . . 407
Achromasie und Hyperchromasie 413
Achromasie des Auges 414
Die subjectiven farbigen Lichthöfe . . . 414

4. Chemische Farben. Fragment von der Verbreitung der Farben unter den Insecten . . . 421
Verbreitung 423
Zeichnung 424

Form und Färbung 430
Wandel der Färbung in der Metamorphose 431

IX. Aussicht zur Physiologie des Gehörsinnes.

Genesis und Metamorphose des Gehörorganes . 437
Bedeutung einzelner Theile 448
Zusammenwirken beider Organe 451
Energieen des Gehörsinnes. 452

I.

Von dem

Bedürfniß der Physiologie

nach einer philosophischen Naturbetrachtung.

Eine öffentliche Vorlesung,

gehalten auf der Universität zu Bonn

am 19ten October 1824.

Philosophie, Naturwissenschaft, Physiologie. — Theorie und Empirie. — Gesellige Verhältnisse und Abwege der Physiologie. — Mythische Physiologie, mystische Behandlung. — Die falsche Naturphilosophie im Gegensatz der wahren. — Die verständige Physiologie. — Zweige derselben, mechanistische, chemische, dynamische Physiologie. — Teleologische Physiologie oder Physiologie der Functionen. — Organon der Physiologie. — Mittel der Physiologie. — Beobachtung und Versuch. — Morphologie. — Der Sinn des Naturforschers und die wahre Sinnlichkeit. — Physiologie und Theorie der Medicin.

Hochzuverehrende Herren!

Indem ich zu reden gedenke von der innigen Verbindung der Philosophie mit der Physiologie, habe ich keine geringere Aufgabe übernommen, als zu zeigen, daß eine Doctrin, welche eine große Summe empirischer Kenntnisse zu ihrer Construction consumirt, eine Wissenschaft sey, und nicht etwa blos eine logische Verbindung empirischer Thatsachen, welche nach den Categorien des Verstandes geordnet sind; ich habe namentlich zu zeigen, wie und auf welche Weise die Physiologie, jede andere Weise ihrer Existenz ausschließend, zur Wissenschaft werde. Ich sagte, jede andere Weise ihrer Existenz ausschließend; denn in der Angabe dieses meines Standpunctes möchte ich sogar jeden anderweitigen Begriff, den man haben könnte, wenn man von der Gemeinschaft der Philosophie und Physiologie reden hört, ausschließen. Ich werde meinem Standpuncte noch näher kommen, wenn ich vorläufig auseinandersetze, was ich, indem ich von jener innigen Verbindung rede, in diesen Worten Begreifbares nicht beweisen, sondern als gleichgültig und außerwesentlich bei Seite liegen lassen werde.

Es ist eine sehr gewöhnliche Ansicht, daß man die sogenannten abgeleiteten Wissenschaften in einem solchen Verhältniß zur reinen Wissenschaft sich denkt, wie als bestimme die Philosophie auf ihre unmittelbare Verfahrungsart nur die Weisen der Existenz und des Fortgangs für jede

wissenschaftliche Disciplin, und ebenso nur das Verhältniß der einzelnen Wissenschaften zu einander, wie als würden in der Philosophie nur die allgemeinen Denkbestimmungen gegeben, welche in der Behandlung der abgeleiteten Wissenschaften ihre Anwendung finden, die Formen und Schemate, in welchen und nach welchen der denkende Mensch den empirischen Inhalt der Lebenserscheinungen eher ordne als lebendig begreife. Eine solche Denkart befriedigt sich damit, indem sie die Objecte des Denkens zu einander in verständige Beziehungen setzt, für die einzelne Wissenschaft die Methode der Behandlung anzugeben und überläßt den Fortgang der Doctrin selbst der Consequenz des Verstandes. Diese Philosophie ist mit der Physiologie nur der Form nach, nicht aber in Beziehung auf den Inhalt, verbunden. Diese Philosophie leistet Zeugniß bei dem Entstehen der Physiologie als einer solchen, von welcher noch nicht ausgemacht ist, ob sie die Bedingungen des Fortlebens in sich enthalte; sie hat aber mit dem Fortgang der Physiologie durchaus nichts zu thun. Ich muß bemerken, daß ich im Verfolg meiner Vorlesung die Philosophie zur Physiologie nicht in diesem Verhältniß betrachte, und will nur erinnern, daß in dieser Denkweise die Physiologie so wenig wie irgend eine andere Doctrin zum Recht einer Wissenschaft gelangen kann. Ja die Physiologie kann vermöge ihrer Bestimmung als Theorie des Lebens und der lebenden Wesen nicht einmal in diesem Verhältniß gedacht werden, indem die Gegenstände der Erfahrung in einer solchen Beziehung zu den allgemeinen Denkbestimmungen alles andere, für sich vielleicht und in seiner Sphäre recht Gute, nur nicht die Theorie des Lebens selbst seyn können.

Die Philosophie, welche nur die allgemeinen verständigen Denkbestimmungen der Objecte enthält, kann von der Natur nicht als von einer lebenden handeln. Ich werde behaupten müssen, daß es eine philosophische Na-

turlehre, eine Metaphysik in diesem Sinne nicht giebt, daß diese Philosophie blos im Verhältniß zur empirischen Sinneserkenntniß stehe, daß sie die lebendige Einzelheit nur als erfahrend, nicht als frei, daß sie die Lebenserscheinung nur als erfahren, nicht als frei, erkenne, daß die Erfahrungen durch sie nicht zu Gedanken werden. Ich werde behaupten müssen, daß die Reflexion auf diesem Standpuncte nur die Beziehungen des Zwecks und des Mittels, der Ursachen und der Wirkungen, des Allgemeinen und des Besondern, des Begreifenden und des Begriffnen aufschließe, daß sie nur die Bedingungen des Lebens erörtern, nicht aber mit dem Lebendigen selbst sich befassen könne, und daß diese Denkweise nur den Inhalt der sogenannten positiven Wissenschaften unterwerfe. Entweder ist die wissenschaftliche Behandlung der Physiologie, oder die Physiologie wird nicht durch jene Behandlung zur Wissenschaft.

Es ist eine andere ziemlich geläufige Vorstellung, wenn man glaubt, der Physiologie sey etwas Philosophisches mitgetheilt durch die Verbindung mit der Psychologie. Diese Vorstellung pflegt auch wohl die Physiologie und Psychologie in einem Gegensatze zu betrachten, und spricht von einer Doctrin, welche die vergleichende beider sey. In dieser Vorstellung von Gegensätzen, welche nicht existiren, ist die Physiologie so gut wie die Psychologie eine empirische, und es kann, was darin Physiologie heißt, nicht durch die Gesellschaft der Psychologie philosophisch werden, indem in der einen sowohl als in der andern nur Thatsachen der sinnlichen Erkenntniß auf eine verständige Weise geordnet werden. Die Physiologie und höhere Psychologie sind so wenig getrennt, als die Philosophie den Gegensatz von Geist und Körper anerkennt. Die Wissenschaft aber von dem lebendigen Geiste im Gegensatz der empirischen Psychologie, als einer Sammlung

brauchbarer Kenntniſſe zu practiſcher Verwendung, mit welchen ſo fort als Mitteln die höhere Unterſuchung geführt werden ſoll, iſt eine unmittelbare, nothwendig mit derjenigen Philoſophie vereint, von welcher die innige Verbindung mit der Phyſiologie gezeigt werden ſoll.

Theorie und Empirie.

Zu einer Zeit, wo man die Nothwendigkeit deſſen, was über der Erfahrung liegend, dieſer erſt den Werth giebt, allgemein anerkannt hatte, zum großen Theil aber die Erfahrung als den Weg zur Theorie betrachtete, und von einer unvollſtändigen Erfahrung aus halber Erkenntniß des Beſſeren voreilig zu Inductionen, als welche zum Theoretiſchen führen ſollten, ſich hinreißen ließ, trat Baco von Verulam, der Mann der Erfahrung, auf, und wies die leichtſinnigen Erfahrnen in ihrer ſpeculativen Tendenz auf die wahre Erfahrung zurück. Die Naturwiſſenſchaft ermangelte zu ſehr ihres Princips, um nicht die bitteren Vorwürfe des Vertheidigers der wahren Erfahrung ſich unbedingt gefallen zu laſſen. Zu ihrem großen zeitlichen Heil erkannte ſie, daß man nicht genug erfahren könne, um zu recht denken. Dieſer Schritt war klein für die Philoſophie und groß für die Naturwiſſenſchaft; er war für die Geſchichte entſcheidend, wie aus derſelben nothwendig, aber dennoch nur halb. Die Londoner Societät wirkte in dieſem Geiſt und in dieſen Inſtitutionen. Man hatte, kann man mit einem großen Denker ſagen, der Natur den Verſtand gegeben, aber man hatte nicht Muth genug, ihr Vernunft zuzutrauen, und der ungeheure Körper wuchs ungleich an Geiſt und Gliedern. Man hatte noch nicht erkannt, daß alle Bemühungen des Verſtandes in der Erfahrung, nie über die Erfahrung hinauskommen, daß die wahre Theorie des Lebens unmittelbar durch die Erfahrung nicht gewinnt, und daß die Erfahrung ſelbſt durch ihren analytiſchen und ſyn-

thetischen Fortschritt, in ihrem Verhältniß zur Theorie, nichts anders kann, als die Erscheinungen des Lebens als solche und alle empirischen Momente, welche sie begründen, auf die höchste Spitze treiben, von wo aus nicht der Uebergang zur Theorie ist, wie man fälschlich glaubt, sondern von welcher sie die lebendige philosophische Betrachtung der Natur aufnimmt, um sie lebendig zu denken. Und das ist das wesentliche Moment in der Verbindung der Philosophie mit der Physiologie und mit aller Naturwissenschaft, und zugleich ihre Scheidung, daß die Philosophie der Erfahrung durchaus nicht unmittelbar bedürftig, einer theoretischen Erkenntniß des Lebens fähig ist, die Physiologie aber die Bestimmung hat, die Lebenserscheinungen in ihrer ganzen Vollständigkeit nicht aus der Erfahrung, sondern aus dem Begriff des Lebens sie und somit die Erfahrung zu begreifen. Die Physiologie bleibt nicht bei dem Begriff des Lebens stehen, sondern sowohl der Begriff als die Erfahrung sind ihre Elemente. Sie ist im Besitz der genauesten empirischen Kenntnisse aus allen Gebieten der Naturwissenschaft; aber alle ihre Operationen in der Empirie sind nur, um im Baconischen Sinn recht zu erfahren. Auf dieser Spitze greift das philosophische Denken die Erfahrung auf, um sie zu begreifen. Die falsche Physiologie will das Leben aus der Erfahrung erkennen; — die wahre Physiologie denkt das Leben in die richtige Erfahrung. Durch die Erfahrung sowohl als durch das philosophische Denken kömmt die Physiologie zu Stande, zu sich selbst.

Jenes Allgemeine, welches nicht im Gegensatze ist mit dem Besondern, sondern das Einzelne aus sich hervorbringt, jenes göttliche Leben, welches nicht außer der Natur oder vor der Natur ist und war, sondern, indem es das Endliche schafft, erst göttliches Leben wird, jenes Unendliche, welches nicht neben und über dem Endlichen steht, sondern durch das Begriffenseyn im Schaffen des Endlichen erst

ganz ist und immer ganz erhalten wird, dieses ist das Princip der philosophischen Naturbetrachtung und dasjenige allein, was die Philosophie mit der Physiologie verbindet. Der Weg des Allgemeinen zum Besondern ist nicht zu begreifen, wenn nicht das Unendliche seiner Wesenheit nach die Bestimmung hat endlich zu seyn, zum Endlichen zu procediren. In der vorbereitenden Vorstellung des Verstandes wird das ruhende Unendliche im Gegensatze betrachtet zu dem Endlichen. Und dennoch ist durch den Verstand begreiflich, daß ein Unendliches, welches neben sich leiden könnte ein Endliches, selbst ein Besonders seyn müßte. Die Natur und das göttliche Leben in der Natur wird nicht erkannt durch die Kenntniß des allgemeinen Leidenschafts- und Eigenschaftslosen, sondern das Schaffende und das Geschaffne für sich sind nicht: vielmehr das muß das wahre Göttliche seyn, was nimmer ruhend in der Procedur zur Endlichkeit ewig schön ist durch die Unendlichkeit und Mannigfaltigkeit schöner Formen.

Der Stoff der Physiologie ist auch verständig, die Erfahrung für sich selbst ist nothwendig verständig, und es ist ein ungeheures Verdienst, wie Haller den Boden der Untersuchung zu sichten. Aber es wird der erfahrenden Physiologie zu viel zugemuthet, wenn der Stoff durch sie vernünftig werden soll. Die Revolutionen in der Naturwissenschaft waren nur Veränderungen der Kategorien des Verstandes, der kategorischen Bestimmungen, unter welchen irgend ein Inhalt betrachtet wurde. Die Physiologie kann sich nicht mehr verändern, kann keine Revolutionen mehr erleiden, sobald sie aus dem durch Anwendung der Kategorien gesichteten Stoff nicht selbst durch dieselben Kategorien die Theorie des Lebens begründen will.

Es kann nun nicht mehr gefragt werden, ob die Physiologie eine Wissenschaft sey und seyn könne. So gewiß es ist, daß die Reflexion in der Betrachtung des Inhaltes,

dem die philosophirende Vernunft ihre ewigen Ideen einbildet, wie sie ihnen die Natur eingebildet hat, sich nicht zur Wissenschaft erheben kann, so gewiß ist, daß diejenige Physiologie, welche vermöge ihres philosophischen Organons die durch die Reflexion gewonnenen Gegensätze und ihre Widersprüche, über ihnen selbst vernichtet, nur dadurch zur Wissenschaft wird, so viel sie von der philosophischen Anschauung des Lebensprocesses in sich hat.

Ich habe mich zu zeigen bemüht, wodurch die Physiologie sie selbst ist, und wie sie, in der Empirie zwar, als ihrem Boden, waltend, nur die ewigen Processe des Geistes in der Materie zu wiederhohlen nachahmt. Indem ich nun von der falschen Physiologie zu reden habe, glaube ich diese mit Recht aus dem Mangel der gezeigten Elemente zu erkennen. Entweder nämlich mangelt ihr bei aller empirischen Ausbildung das philosophische Princip, oder, indem sie dieses zu haben glaubt, nach einer höhern Erkenntniß des Lebens ringend, hat sie blos die sogenannte metaphysische. Oder aber das andere Element ihrer Wahrheit geht ihr ab, die empirische Ausbildung, welche die getrennten Einheiten der verständigen empirischen Untersuchung, in der genauesten Sonderung, der philosophischen Betrachtung übergebe, damit ihre Gegensätze vernichtet werden. Ich will es versuchen, Ihnen das Aussehen dieser irrigen Physiologien genauer zu zeichnen.

Mythische Physiologie — Mystische Behandlung.

Es giebt eine Betrachtung der Natur, die erfüllt von den ewigen Ideen, ihre endliche nothwendige Erscheinung begreifend, den empirischen Inhalt der Lebenserscheinungen an die Formen intellectueller Wissenschaft zu knüpfen strebt; ihr Wesen ist transcendental, denn sie trägt den Begriff

des Lebens in die einzelne Erscheinung hernieder, indem sie die Wahrheit dieser zeigt und den Schein der Erscheinung aufdeckt. Indem ihr aber die ruhige vertrauliche Kenntniß der empirischen Facta abgeht, ja indem sie diese für eitel und unnütz hält, ihrer hohen Abkunft eingedenk, nichts desto weniger aber, in der Kindheit ihrer Entwickelung und Unklarheit ihres Bewußtseyns, der Dinge in der Welt wieder nicht entbehren kann, um wie an gefälligen Bildern die Begriffe zu vermenschlichen oder zu versichern, entsteht ihr eine Unsicherheit ihres Fortganges und, möchte ich sagen, eine kindliche Unbeholfenheit, die ihr in diesem Bestreben den Character des Mystischen ertheilen. In der absoluten Betrachtung der Natur allein befriedigt, freut sie sich dennoch an der Erscheinung, wie es dem schaffenden Geist zukommt, sie genügt sich aber mit der Freude an der Schönheit der Erscheinung; und so wird sie aus der Mangelhaftigkeit ihrer empirischen Kenntnisse und aus der Willkürlichkeit ihres Verbrauches derselben nicht zur Physiologie, hat auch nicht ihre Tendenz. Sie hat die Fülle und Urkraft zeugender Ideen in ihrer kindlichen Unerzogenheit in sich; aber indem ihr transcendentaler Inhalt in der Entwickelung des kindlichen aber hellen Geistes zum Bewußtseyn kommt, werden dem Individuum die empirischen Momente, durch deren äußere Veranlassung die innere Entwickelung der Ideen, wie durch einen Cultus, vor sich gieng, lieb, und gar zu leicht verfällt das hohe Götterkind in Götzendienst. So wie es an sich keine unmittelbare Leiter dieser empirischen Momente zu dem Begriffe des Lebens giebt, so zufällig, an und für sich unpassend und irrig können jene empirischen Facta in Beziehung auf die höhere Wahrheit seyn, welche durch jene, wie durch einen Cultus, nicht erzeugt, nur entwickelt und zum Bewußtseyn gebracht wird; und es kann sich zutragen, daß wenn auch das empirische Moment die veranlassende Ursache zur Erzeugung der Idee war, diese

doch in gar keinem wahrhaftigen Verhältniß zu der Erscheinung stehe; ja die letzte kann ganz und gar irrig begriffen werden, und der versuchte Bezug der Idee auf die Erscheinung ist falsch. An diesem Irrthum aber kann jener Naturbetrachtung nichts liegen; sie ist gleichgültig um das Ferment, sie läßt es eben so leicht fallen, als sie es aufnimmt. Sie will nicht den Proceß der Bildung des Einzelnen wegen des Einzelnen, sondern nur das Erscheinen an und für sich erkennen, und grämt sich wenig darum, ob ihre Bilder, ihre empirischen Beweise, auf die sie doch wenig giebt, wahr und passend sind, wenn nur der entwickelte Begriff wahrhaftig ist.

Die Sprache dieser Naturbetrachtung ist kindlich, bildreich; sie liebt das kaum erzeugte Geistige schnell zu verkörpern, und kümmert sich weiter nicht um die helfenden Bilder; mit einem Worte, ich meine die mythische Behandlung in der Betrachtung der Natur. Ihr ist das Mysterium heilig, sie hat ihren Cultus, und wenn es erlaubt ist, an die ähnliche Nothwendigkeit in einem andern Gebiete zu erinnern, diese Naturbetrachtung ist ihrer Art nach nothwendig religiös vermöge des Cultus, welcher das Wesen der Religion erhält; sie hat sich zur speculativen Naturbetrachtung, wie die Religion zur speculativen Religionsphilosophie. Es muß erlaubt seyn, in diesem mythischen Sinne die Natur zu betrachten, indem, wie wir gesehen haben, diese Betrachtungsweise durchaus nicht krankhaft, sondern in der natürlichen Entwickelung der Speculation im Menschen begründet ist. Ja in wie fern sie die ideelle Betrachtung der Natur zur Wesenheit macht, könnte es ihr gleichgültig seyn, ob sie in der Aufklärung des Einzelnen irre. Es fehlt nicht an Beispielen in der Geschichte der Physik. Ich erinnere an die mythische Naturbetrachtung der theologischen Cosmologen Griechenlandes, ich erinnere an die physiologischen Mythen im Timäus des Platon, und,

um eines Beispieles mich zu bedienen, an die Construction der Sinne und namentlich des Sehens, die bei allem Widerspruch der empirischen Momente ihrer ideellen Wahrheit nicht ermangelt, ich erinnere an die Mythe vom Ursprung der Geschlechter im Gastmahl des Platon; ich erinnere an die Physiker des Mittelalters, an die Dantische Cosmologie und aus der neuesten Zeit ausnahmsweise an die Arbeiten von Schubert.

So wie nun aber die mythische Physik vermöge ihrer wesentlichen Tendenz nicht von den ideellen Begriffen zu den vereinzelten Erscheinungen herniedersteigt, um die Idee in ihrer Production begriffen zu verfolgen, sondern wie vielmehr die empirischen Kenntnisse ihr nur Momente des Cultus sind zur Entwickelung transcendentaler Begriffe, so wenig ist jene mythische Physik eine Art der Physiologie, von der gesagt worden ist, daß sie mit der ideellen Erkenntniß der Natur in die genausten empirischen Untersuchungen der Lebenserscheinungen niedersteige. Die mythische Physik ist kein krankhafter Auswuchs der Physiologie, sie hat, wie ich gezeigt zu haben scheine, mehr mit der Philosophie als mit der Physiologie gemein. Sie macht keine Ansprüche auf Wahrheit ihrer Besonderungen, da es die letzte Aufgabe der Physiologie ist, die Wahrheit des Scheins in den Erscheinungen zu verfolgen. Die mythische Naturbetrachtung hat wie die Religion die Beziehung des Einzelnen auf die Idee, die Physiologie hat die Beziehung der ewigen Idee auf die erscheinende Natur. Wenn aber die mythische Physik die Physiologie selbst seyn will, wenn sie die Principien für die Theorie der Medicin abgeben will, so ist ihr in dieser Beziehung ihre bezeichnete Anspruchslosigkeit vorzuhalten.

In der eben geschilderten Naturbetrachtung erkannten wir das bessere Wesen, nämlich die unmittelbare Anschauung bei dem Mangel einer gerechten Durchführung durch die lebendigen Einzeldinge. Eine andere Naturbetrachtung, die ich sogleich näher bezeichnen werde, hat nicht dieses eine reine

Element in sich; sie steht auf dem logisch-metaphysischen Standpuncte, obgleich sie diesen in ihrer Vornehmheit verschmäht; dabei geht ihr aber der empirische Inhalt der Lebenserscheinungen, die genaue, sichere, ruhige Erfahrung ab. Ich meine die falsche Naturphilosophie, die ich von der wahren Naturphilosophie unterscheide.

Falsche Naturphilosophie.

Diese Naturlehre spielt mit den Gegensätzen des Verstandes ohne eine lebendige Durchdringung des Geistes. Ohne Anschauung des lebendigen Processes schwebt sie in einer unseligen Zweideutigkeit, einer lebendigen Betrachtung der Natur unfähig, zu gemächlich und vornehm, um mit der schlichten Erfahrung auszukommen. Ueber die Verstandesreflexion sich erhebend, bedient sie sich doch keiner anderen Mittel, als derjenigen einer nur verständigen Betrachtung, aber auch dieß nur auf eine höchst unvollkommne, klaren Begriff und Anschauung zugleich verdrängende Weise. Sie spricht von Polarisationen und Achsen in den lebendigen Dingen, sie thut dieß, indem sie einen bloßen Verstandesbehelf der Physiker auf die lebendige Natur überträgt, sie läßt überall diese todten Producte der Vorstellung liegen, und gefällt sich in einer unendlichen Wiedererkennung derselben Formen; — da doch die lebendige Betrachtung der Natur weder Achsen noch Pole kennen darf, vielmehr bemüht seyn muß, so viel die Vorstellung Gegensätze erheben will, diese aufzuheben, das lebendige Mittel, den Proceß zur Polarität, allein verfolgt, und das Product, in sofern es nicht selbst als zeugend, als lebende Mitte betrachtet werden kann, gern den Physikern und ihrer Analyse überläßt. Auf gleiche Weise trägt sie die Gegensätze der Reflexion, Expansion und Contraction, in ihren Constructionen, die lieber Deductionen heißen sollten, überall an der Spitze,

Alles mit ihnen vermögend. Die Systeme des Tages und der Vergangenheit sind größtentheils aus ihr geboren. Am meisten aber hat sie in Deutschland in der falschen Naturphilosophie Wucher und Auswuchs getrieben. Die Physik, so oft sie sich aus der Beobachtung zur Theorie im Gebiete der Reflexion erhebt, hat diesen Fortgang. Es ist dieser Betrachtungsweise eigenthümlich, daß sie mit allem ihrem Gegensatz es zu keiner Isolation des Lebendigen bringen kann; denn die Gegensätze der Vorstellung sagen von der organischen Natur dasselbe, was von der anorganischen, und wie sie in beiden das Lebendige verkennen, immer nur das Fertiggewordene betrachtend, so sind sie nicht im Stande, das lebende Organische von dem lebenden Anorganischen begreifend zu trennen. Das Princip der Analogie der Formen ist wesentlich in der falschen Naturphilosophie. Sie zeigt das Aehnliche in der Entwickelung der Formen. Alle Dinge sind ihr anders gewordene Formen der schon früher Betrachteten. Die verständigen Erklärungsarten chemischer und physischer Actionen, der Galvanismus, die Electricität, die Auflösung, die Durchdringung gehen ohne Rückhalt in die Physiologie ein. Sie liebt die mathematische Behandlung, auch wohl die poetische. Aber wenn sie sich der Bilder bedient, thut sie es in einem ganz andern Sinne als die mythische Naturbetrachtung, und hier ist die äußere Grenzscheide, wo beide Denkweisen auseinander gehen.

Es ist aber dieser falschen Naturphilosophie eigenthümlich, daß, wie groß auch ihre Aehnlichkeit mit der sogenannten metaphysischen Betrachtung der Dinge ist, sie dennoch diese Abkunft verläugnet, durch den Dünkel des Besitzes einer höheren Erkenntniß, die sie nicht hat. Sie ist vielmehr schlechter, indem sie principlos aus zwei verschiedenen Gebieten nach Gefallen borgt. Denn, wie wir gesehen haben, der Metaphysiker bewegt sich innerhalb der organischen Physik immer nur in der Betrachtung und

Sonderung der Ursachen und Wirkungen, und seine Aufgabe war, nicht den Gegensatz von Ursachen und Wirkungen aufzuheben, sondern zu erklären. Zu diesem Zweck stellt er die Facta der empirischen Naturkenntniß durch die Feuerprobe des Versuchs und der Beobachtung mit scharfen Spitzen der Reflexion zu weiterem Verbrauch entgegen. Die falsche Naturphilosophie hat aber den Dünkel einer höheren Erkenntniß, und glaubt sich einer mühsamen Betrachtung und Sonderung des Einzelnen überhoben, der sie auch auf philosophischem (nicht physiologischem) Standpuncte überhoben wäre, wenn sie im Besitze wäre der geforderten Erkenntniß. Dieser ihrer Natur nach hat sie von Allem nur den Schein, und da die Mittel ihrer Erkenntniß trotz aller Excursionen des Verstandes nur das Verständige und die Vorstellung sind, so ist das merkwürdige geschichtliche Factum geworden, daß der sonst nüchterne Verstand durch Hoffart in der Physiologie, wenn ich mich des Ausdrucks bedienen darf, zu einer trüben Vermischung der Gedanken gekommen ist, was sonst ohne Beispiel. Und so weit von der falschen Naturphilosophie, der sich über sich selbst erhebenden verständigen Physiologie.

Verständige Physiologie.

Die nüchterne verständige Physiologie ohne Dünkel ist anderer Art.

Es ist das Wesen dieser Physiologie, daß sie, ohne den wahren philosophischen Standpunct, auf dem Weg der Erfahrung zur Erkenntniß des Lebendigen zu gelangen vorgiebt und sich befleißiget. Vermöge dieser ihrer Natur deducirt sie aus den einzelnen Lebenserscheinungen einen sogenannten logischen Begriff des Lebens, und bewegt sich vielfach in Definitionen und Distinctionen. Sie betrachtet die lebendigen Wesen, die Lebenszustände, die Organismen als

Resultate der Mischung und Form der organischen Materie (Reil), die Organe gegeneinander im Verhältniß der Ursache und Wirkung, der Größe und Qualität, nicht aber gemäß des innern Grundes. Höchstens erscheint das Ausgleichende, Lebendige in der eben auch nur verständigen Kategorie der Modalität als Indifferenz der Gegensätze. Zu einer Zeit betrachtet sie die immer unbekannte Größe unter der Kategorie der Quantität, sie heißt dann Erregungstheorie, und sodann setzt sie das Verhalten der Ursachen und Wirkungen der äußeren Körper als sogenannter Reize zur unbekannten Größe auseinander. Zu einer andern Zeit wird das Organische, um nicht einseitig zu seyn, unter den Kategorien der Quantität und Qualität zugleich betrachtet. (Jetziger allgemeinster Zustand der theoretischen Medicin.) In diesen Umtrieben übergeht sie das Lebendige in der Beschäftigung mit den Bedingungen zur Verwirklichung desselben mit Stillschweigen, und gefällt sich in diesem Verfahren so lange, bis derselbe Verstand von neuem sie aus diesem Gegensatz in andere, etwa unter eine fernere Kategorie seiner selbst treibt, was noch zu erwarten ist.

Man spricht von allerhand Lebenskräften. Bald ist es der Bildungstrieb, bald der Sauerstoff, bald das Licht, der Galvanismus, die Wärme, immer aber ein Unbekanntes, ein Archäus. Man ist im Zweifel über die Lebendigkeit der Säfte, man sucht diesen Controvers ebenfalls aus der Erfahrung beizulegen. Man sieht bald die Electricität, bald überhaupt den Chemismus als Ursache der Lebenserscheinungen an, worin man auch recht hat, indem diese Dinge, die auch für sich selbst einer philosophischen Construction bedürfen, in alle Ewigkeit wohl Ursache von Lebenserscheinungen, nie aber Grund derselben seyn können. Und so entspringen aus dieser Betrachtungsweise eben so viele falsche Theorien, als die Vorstellung todte Gegensätze lebendiger Wirkung erhebt, und so sind die mechanisti-

sche, chemische, dynamische Naturlehre geworden, bei welchen ich mich, da ich ihre allgemeine Entstehung gezeigt habe, nicht länger aufhalten werde. Man übersieht, daß alle mechanischen, chemischen Wirkungsweisen nothwendig mit den organischen dynamisch sind, und daß die entelechialen Unterschiede dieser Potenzen über die physicalische Analyse hinausgehen. Oft genug haben sich diese Betrachtungsweisen philosophisch genannt, da doch in der Lebenserscheinung selbst mehr Philosophisches ist, als in diesem Verbrauch der Erfahrung. Indem jene Naturlehre in den zufälligen Bedingungen der Erscheinungen den Grund derselben sucht, hat sie nothwendig das Siegel der Unzuverläßigkeit, und wie sie aus der Erfahrung deducirt ist, wird sie auch ewig aus der Erfahrung widerlegt werden können. Ihre sogenannten Systeme sind nur niedere Betrachtungsweisen zur Ordnung, nicht zur Subaction der Materien. Indem sie sich nur in den Schranken der Erfahrung bewegt, unbefriedigt aber aus der mangelhaften Erfahrung Aufschlüsse über Verhältnisse, welche nur durch die zeitliche Entwickelung der Erfahrungen enthüllt werden können, haben will, ist sie nie über die sogenannte Hypothese hinausgekommen; und es scheint nunmehr klar, warum es keine wahre Hypothese von einer lebendigen Erscheinung, von dem Grunde eines Lebensprocesses in alle Ewigkeit geben kann.

Eine solche Physiologie ist dann wohl auch eine teleologische, obgleich dieselbe verständige Physiologie die teleologische Richtung zu verachten seit langer Zeit Miene gemacht hat. Diese Physiologie spricht nur von Functionen der Organe, von ihren Zwecken, von ihrer Nützlichkeit. Sie bemüht sich zu zeigen, daß eine gewisse Einrichtung die beste sey. In der Natur hat nichts, was einer physiologischen Untersuchung unterworfen ist, einen Zweck. Alles ist in der Natur um seiner selbst willen da. Nur die

Handlungen der Menschen haben Zwecke, und nicht einmal die Handlungen desjenigen, dessen Thun das schönste und beste wäre, nicht aus der Einsicht der Nützlichkeit, sondern aus der Nothwendigkeit seines Seyns. Es ist aber in der Erkenntniß der Schönheit des Lebens wie der Schönheit des Geistes. Die Physiologie sündigt fast nur durch die verkehrte Anwendung der Reflexion, wie das Leben nur durch die Gegensätze der Vorstellung, die demselben zuwider die Krankheit einführen, sündigt. Die Krankheit zwingt das ideelle gesunde Leben anders zu seyn, als seine innere Wahrheit. Jene Art der falschen Physiologie ist also ihre natürlichste Krankheit, indem sie anders als die Physiologie selbst zu seyn sich bestrebt. Ein unedler und schlechter Mensch ist unedel durch das Andersseyn des Menschen und er kann noch gar vieles andere Gute seyn, was nicht zur Wesenheit eines schönen Menschen gehört.

In dem, was ich gesagt habe, glaube ich erwiesen zu haben, daß der Physiologie nur in ihrer innigen Verbindung mit der Philosophie die Sicherheit vor jeder einseitigen Behandlung gegeben ist. Das letzte oberste Princip der Lebenslehre verwirft jede einseitige Betrachtung, den Standpunct derselben anzeigend; es erzieht zu sich hinauf, so daß man sagen kann, wer die Physiologie in dieser ihrer Aufgabe erkannt hat, und wer nur etwas von dem Leben Lebendiges geahndet, werde nie verleitet werden, auf einen der bezeichneten Irrwege Werth zu legen. Es ist, will ich sagen, wie mit der Liebe im Gastmahl des Platon. Von der Liebe sprachen Alle anders, und dies gewissermaßen mit Recht; hat doch jeder sein individuelles Lieben und Seyn geschildert und geltend gemacht, wenn es auch nicht das Beste war, welches nicht mehr anders hätte seyn können. Alle aber vergaßen, was sie gewollt hatten, nachdem Socrates die Meinung der Weissagerin Diotima von der ewigen Liebe und unendlichen Schönheit gesagt; und wenn

Diotima sagte, sie liebe den Geliebten, nicht weil er schön sey, sondern weil er ihr helfe, das Schöne zu erzeugen, so ist nicht das die rechte Lebenslehre, die sich erfreut und befriedigt in der Kenntniß der isolirten schönen Erscheinung, sondern die da hilft, in Gedanken die Natur eben so lebendig zu zeugen, wie der Begriff in unerschöpfter Thätigkeit verwirklicht wird. Mit einem Worte, ich werde verstanden, wenn ich sage, daß die Physiologie durch ihre Verbindung mit der Philosophie ihr Organon erhalte, Gedanken der lebenden Wesen und der Lebenserscheinungen im Geiste zu zeugen. Die Gewißheit dieser zeugenden Urkraft des Geistes ließ einen unsterblichen Denker in seiner Weise sagen: Nicht die Gottheit denkt die Natur, die Gottheit — lebt die Natur; aber die Menschen denken sie.

Die Mittel der Physiologie sind alle Doctrinen der gesammten Naturforschung, die genaueste empirische Ausbildung in jeder Untersuchung der Pflanzen- und Thierkörper und auch des geologischen Organismus in seinen elementarischen Processen. Der Physiologe mache nicht etwa blos collectiven und kritischen Verbrauch von dem, was Andere schaffen; sondern, mit den feinsten Sinnen ausgebildet, sey er selbst ein fleißiger, aber ruhiger, Beobachter. Er sondere die ihm gegebene Substanz durch alle Details empirischer Untersuchung, ohne je in diese Vorbereitung das Wesen seines Geschäftes selbst zu setzen. Er sey Chemiker, Physiker, Zoologe, Botaniker, Arzt, nicht als wenn durch alles dieß unmittelbarer Gewinnst der Physiologie erspriesse. Nicht die Physiologie kann eine biochemische seyn, aber die Procedur des Physiologen ist chemisch-physiologisch, und, könnte man sagen, die empirischen Doctrinen der Naturwissenschaft, der Versuch, die Analyse geben determinirend zur lebendigen Anschauung die Logarithmen für die unbekannte physiologische Größe. Der chemische Proceß in

dem todten Organismus durch den Versuch ist die arithmetische Progression, wodurch die geometrische (wenn man so sagen darf) nicht erledigt, nur vorbereitet und erleichtert wird.

Beobachtung und Versuch.

Der Umgang mit der lebenden Natur geschieht durch Beobachtung und Versuch. Die Beobachtung schlicht, unverdrossen, fleißig, aufrichtig, ohne vorgefaßte Meinung; — der Versuch künstlich, ungeduldig, emsig, abspringend, leidenschaftlich, unzuverläßig. Die Tugenden des beobachtenden Naturforschers sind sehr einfach, aber der rechte Sinn in der Beobachtung, die rechte Beobachtungsgabe und die Anwendung derselben sind seltener unter den Naturforschern geworden, welche sich mit der Ergründung des lebenden Organismus beschäftigen. Bei der getrennten Stellung der beschreibenden Disciplinen der Naturlehre kann man sogar Naturforscher seyn und dafür gelten, wenn man gar nicht zu beobachten versteht. Auf der andern Seite, damit die Operationen des Experimentators in der Physiologie Vertrauen verdienen, gehört eine Ausstattung von Seiten seiner selbst, welche die Unbefangenen bei der experimentirenden Richtung der Physiologie in der jetzigen Zeit zu finden nicht gewohnt sind. Man sieht alltäglich Versuch auf Versuch häufen, einen den Schein des andern stürzen, beides oft genug von Männern, welche weder so sehr geistig ausgezeichnet sind, noch Wahrheit der Person und Selbstverläugnung zum Versuchen mitbringen. Es ist nichts leichter, als eine Menge sogenannter interessanter Versuche machen. Man darf die Natur nur auf irgend eine Weise gewaltthätig versuchen; sie wird immer in ihrer Noth eine leidende Antwort geben. Nichts ist schwieriger, als sie zu deuten, nichts ist schwieriger als der gültige physiologische Versuch; und dieses zu zeigen und klar einzusehen halten wir

für die erste Aufgabe der jetzigen Physiologie. Lassen Sie uns die Gründe dieser Behauptung etwas näher untersuchen. Man hat dem physiologischen Versuch den Vorwurf gemacht, daß er zu den einfachen uns unbekannten und räthselhaften Lebenserscheinungen nur andere eben so unbekannte hinzufüge, daß er so eine unruhige Neugierde, die Ungeduld der Erklärungssucht mehr befriedige, als zur Wesenheit der Erscheinung eindringe. Diese Bemerkung scheint mir in Beziehung auf die besondere Art der experimentirenden Thätigkeit der Physiologen sehr richtig; sie führt uns zu einem wesentlichen Unterschied des chemischen und physiologischen Versuchs in Hinsicht ihrer Gültigkeit. Wenn es nicht wahr ist, daß das physiologische Experiment nur die Menge der unbekannten Lebenserscheinungen häufe, wenn es in der That Schlüsse auf den Grund derselben erlaubt, so kann dieß begreiflich nur dadurch geschehen, daß wir aus der uns bekannten Natur der Bedingungen, die wir im Versuch der lebendigen Einzelheit setzen, auf die Natur ihrer Resultate, ihrer Producte in dem lebenden Körper schließen. Dieses kann der einzige Grund seyn, warum wir physiologische Versuche unternehmen. Dann auch hat der Versuch, wenn er überhaupt gültig ist, vor der Beobachtung den Vorzug, daß er zu allen Zeiten, unter denselben Bedingungen angestellt, dasselbe Resultat giebt. Wenn nun aber, was aus dem Conflict der äußeren Bedingungen und des lebenden Körpers hervorgeht, nimmer Producte der Bedingungen und des Lebens selbst wären, so daß in demselben als einem dritten, die uns ihrer Natur nach schon bekannten Bedingungen nicht enthalten wären, wenn vielmehr alle Wirkungen äußerer im Versuch gesetzter Bedingungen nur Educte des lebendigen Organismus hervorriefen, dann wäre der vorausgesetzte Bezug der bekannten Bedingungen auf die unbekannten Erscheinungen nicht; und es wäre allerdings wahr,

daß das Experiment, wenn ihm kein anderer Gesichtspunct eröffnet wird, in der Regel nur die Menge der unbekannten Lebenserscheinungen häufe. Es verhält sich ganz anders in der Chemie. Im chemischen Experiment ist das seiner Natur nach bekannte Reagens in dem Producte seiner selbst und des unbekannten Stoffes oder seiner Theile enthalten. Das Reagens hat nicht blos den Antheil der Erregung an dem Producte. Das Product gehört so gut dem Reagens wie dem fraglichen Stoffe an. Was aber das Experiment in physiologischen Dingen unzuverläßig macht, ist dieß, daß die Antwort der lebendigen Natur auf die Einwirkung des Reagens nicht die Natur des uns als bekannt vorausgesetzten Reagens als wesentlichen Theil in sich enthält. Denn alle Stoffe, alle Reize, auf den Organismus einwirkend, erregen in ihm nicht, was sie selbst sind, sondern ein von ihnen selbst Verschiedenes, die Lebensenergieen des Organismus. Ueber den Grund der Lebenserscheinung kann demnach der Versuch selbst nicht Aufschluß geben; er kann nur den Bezug der Reize, als Ursachen, zu den von ihnen der Natur nach verschiedenen Wirkungen im Organismus vervielfältigen, erweitern, d. i., mit einer größern Menge ihrer Natur nach unbekannter Lebenserscheinungen vertraut machen. Das ist der Gesichtspunct, welcher über die Gültigkeit des Experimentes auch in der Lehre von der Natur des Lichtes und der Farben entscheidet, bei welcher die Physiologie so gut wie die Physik betheiligt sind. Wir sind zwar nicht der Meinung, daß im Versuch die lebende Natur, gleichsam in der Noth und auf der Folter, anders als in der Gesundheit sich verhalte, was man kurzsichtig an dem physiologischen Experiment oft genug getadelt hat. Die Antwort ist in dem Versuch immer dem Organismus nur eigen, nichts von der Eigenschaft der Bedingung selbst enthaltend, sie ist immer so gut wie alle außer dem Versuch offenbaren Reactionen des Organismus eine Lebenserschei-

nung, welche gleichen Werth mit jenen hat. Und es ist hier mit dem physiologischen Experiment wie auch mit der moralischen Versuchung. Occasiones hominem fragilem non faciunt, sed qualis sit, ostendunt: tentatio aperit, quid sumus. Aber nicht die Natur der Lebenserscheinungen, nur der Umfang derselben wird offenbar durch den Versuch. Wenn es also der Physiologie darum zu thun ist, den Einfluß der Stoffe und Reize in Wirkungen, welche von diesen selbst verschieden sind, kennen zu lernen, nicht so sehr den Grund dieser Wirkungen zu erforschen, als das System der Ursachen und Wirkungen in dem Conflicte des Organismus und der äußern Natur logisch zu erweitern, so ist dazu nichts passender als das Experiment. Aber auf diesem niederen Standpuncte sind wir selbst bei der größten Vorsicht nicht einmal vor Irrthum gesichert. Es ist nichts leichter, wenn wir dem Organismus fragende Bedingungen setzen, auf welche er uns in Wirkungen, die ihrer Natur nach uns unbekannt sind, antworten soll, er in der That gar nicht auf diejenigen Bedingungen antwortet, welche wir ihm zu setzen geglaubt, sondern auf eine ganz andere, die wir unwissend in dem complicirten Versuch mitgesetzt haben. Daher jene Verschiedenheit der Resultate in experimentellen Untersuchungen, jener häufige offenbare Widerspruch mit der leidenschaftslosen Beobachtung. Ist es uns ernst um die Wahrheit zu thun, und nicht um unsere eigene Verherrlichung und Selbstanschauung in einer vagabunden, abspringenden, halb assimilirenden Beschäftigung, so mögen wir, wenn wir einmal die Natur in Versuchung führen wollen, uns nicht mit einem Versuch begnügen, sondern wie der unsterbliche Bako gemahnt (ein gültiger Zeuge in diesen Dingen, den die Versuchslustigen nicht genug lesen können, statt mit einem Sprüchlein desselben schön zu thun, um die eigene Wahrheit und Zuverläßigkeit zu affectiren), denselben Versuch unter unzähligen Modificationen wiederhohlen. Gewiß

werden wir dann auch oft genug andere Resultate erhalten, aber wir wissen dann auch, worin wir, die Natur zu versuchen glaubend, sie wirklich versucht haben, worin nicht. Wir werden aus allen diesen Bemühungen einen Grundversuch, Erzversuch, des experimentum crucis kennen lernen, wo alle geheimen Auswege verschlossen sind, die Antwort rein ist. Das Resultat dieses gültigen Grundversuchs ist das Urphänomen, worauf es bei dem ewigen Wechsel der complicirten, in ihrer Zusammensetzung räthselhaften Phänomene in der Naturforschung allein ankommt. Diesem Versuch wird man nicht, wie so unendlich vielen anderen physiologischen Experimenten, die Prognose oder Epikrise stellen können, daß er sich nicht bestätigen werde, oder sich nicht bestätigt habe. Die leichtfertigen experimentirenden und tentirenden Excursionen, wie wir sie in der Physiologie unserer Zeit gewohnt sind, kommen mir aber vor, wie wenn Jemand, um die Ursachen der Gleichzahl in den beiden Geschlechtern zu ermitteln, sich nur mit der Vergleichung der in irgend einer Gegend und während eines beschränkten Zeitraums Gebornen begnügte, wo das Gesetz durch eine Menge zufälliger Einflüsse beschwichtigt wird und verborgen bleibt. Was sollen uns diese genauen Quantitätsbestimmungen mit Wage und Maaß in einem vereinzelten physiologischen Versuch? Hat man Recht von diesem Calcul Gebrauch zu machen? Eben so wenig als von einigen Temperaturbestimmungen, um die mittlere genuine Temperatur des Ortes zu ermitteln.

Bedenken wir zu dem noch, daß alle Versuchsoperationen leidenschaftlich sind, daß der Experimentator immer interessirt ist, «wie man sich denn an einer Sache nur erfreut, in wie fern man sie vorstellt, in wie fern man mehrere Gegenstände in ein faßliches Verhältniß bringen kann,« so ist wohl denkbar, wie viele gründliche Kenntnisse nicht allein, sondern wie viele menschliche Tugenden, Geduld, Besonnen-

heit, Ruhe, Unbefangenheit und vor allen Dingen Wahrheit und Redlichkeit sich vereinigen müssen in einem Menschen, welcher die lebende Natur versuchen will, oder welcher von physiologischen Experimenten Gebrauch machen will. Leider sind, wie dies in der Natur der Sache liegt, die experimentirenden Physiologen in der Regel nicht diejenigen, denen man diese zu jeder wissenschaftlichen Bestrebung so nothwendigen Güter in so großem Umfange zutrauen darf. Man wirft sich um so lieber auf ein leichtfertiges Experiment, um so leichter dieses ist, um so sicherer dieses wenigstens immer Resultate irgend einer Art verspricht, und um so weniger man durch beschränkte Studien, Eitelkeit, Mangel an wahrem Beobachtungssinn und ernstem Fleiß zu einer gründlichen, durch sichere anatomische Kenntnisse unterstützten, Untersuchung des Organismus befähigt wird. Erweckt es doch schon leider ein ungünstiges Vorurtheil gegen einen Naturforscher, der in der Physiologie viel experimentirt. Denn es fehlt wenig daran, daß Experimente machen und nicht ganz bei guten Dingen seyn für identisch gehalten werden müssen. Entweder experimentirt man ins Geradewohl und fängt hinterher zu betrachten an, indem man die Natur der Sache: quod in contemplatione instar causae, id in operatione instar regulae est, umkehrt; oder zum Wohl einer vorgefaßten Meinung wird so lange experimentirt, bis die Erfahrung, wie man sich auszudrücken pflegt, mit der Theorie zusammenstimmt. Ich will nicht ungerecht gegen eine mit aller Macht sich vordrängende Richtung der Physiologie werden. Ich bin durch eigene vielfältige Erfahrungen mit der Schwierigkeit des physiologischen Versuchs vertraut geworden, und es beruht nicht auf einer vorgefaßten Meinung gegen eine mir selbst unzugängliche und darum verfeindete Sache, sondern auf einer in einem selbstbetretenen Felde gewonnenen eigenen Erfahrung, wenn ich jener Richtung in ihrer jetzigen Ausdehnung nicht beistimmen kann. Es ist darum

auch unsere Sache, den Weg zu verzeichnen, auf welchem ausschließlich der physiologische Versuch auf Gültigkeit Anspruch machen und selbst der von uns sonst so hoch gestellten schlichten Beobachtung bei weitem in der Erforschung der Geheimnisse der lebenden Natur voreilen kann. Wenn wir früher bemerkten, wie mißlich es sey, in physiologischen Dingen von der Art, der im Versuch an die Natur gestellten Bedingungen zur Aeußerung auf die Art der lebendigen Reaction, und von dieser wieder auf jene zu schließen, und wie verschieden in dieser Beziehung das chemische und physiologische Experiment sind, so können wir nur auf solche physiologische Versuche größern Werth legen, in welchen nicht von einer qualitativen Bedingung eine qualitative Reaction verlangt wird, sondern in welchen, um den Antheil des Organes an einer außer dem Versuch sinnlich erkennbaren Lebensäußerung zu erfahren, die Bedingungen zur Thätigkeit dieses Organes aufgehoben werden. Denn hier wird kein problematischer Bezug der Bedingungen und der Lebensäußerung vorausgesetzt, worin das bekannte Eine das unbekannte Andere aufschließen soll, sondern eine solche Beschaffenheit des äußern Einflusses, welche das Organ und die ihm in einer Fülle der Erscheinungen eigenthümlich angehörenden Lebensäußerungen zerstören könne.

Diese bessere Richtung des physiologischen Experimentes erkennen wir mit Freuden in den neueren Versuchen über die Functionen einzelner Theile des Nervensystems. Die Durchschneidung des Nerven hebt seinen Antheil an der fraglichen Function auf; es wird von der Art des Eingriffes keine lebendige Reaction, sondern Tod auch der möglichen Lebensäußerung verlangt. Man kann der Physiologie zu diesem Schritte nur Glück wünschen, wenn auch alle bis jetzt gewonnenen Resultate noch problematisch wären. — Wie es dann überhaupt nicht unsere Absicht war, auf die allgemeine Ungültigkeit des physiologischen Experimen-

tes zu bringen, sondern nur im Allgemeinen die Vorzüge der ruhigen leidenschaftslosen Beobachtung vor dem physiologischen Versuch zu zeigen; dann aber auch anzugeben, auf welche Weise alle experimentirenden Excursionen für uns nutzlos und unzuverläßig bleiben müssen, und nur höchstens durch ihre unsichere Resultate die Aufmerksamkeit und Richtung in der Betrachtung der Natur zu leiten vermögen, wie aber eine gewisse Art des Versuchs, auf gründliche anatomische Kenntnisse gestützt, mit Ernst, Besonnenheit, unbestochener Wahrheitsliebe und Ausdauer betrieben, zum Grundversuche und Urphänomene führe.

Morphologie.

Der größte Werth ist aber auf die Anatomie zu legen, oder wenn man eine geistigere Richtung derselben so bezeichnen darf, auf die Morphologie. Denn die Betrachtung der Natur durch den unbefangenen Sinn ist wahrhaft göttlicher Natur, und, das Besondere zwar erfassend, verschmäht sie, das Lebendige unter der Form getrennter Einheiten anzuschauen, sieht vielmehr bei ihrer kindlichen Natur in ihrem Objecte eine gegenwärtige Unendlichkeit. Von aller Erklärung fern, schlicht beobachtend und verzeichnend, ist sie zwar an sich nicht schon physiologisch, aber bei weitem besser und mehr als die verständige Erklärung, die nicht einmal die Geduld hat, bei der Schönheit der Erscheinung zu verweilen. Die anatomische oder besser morphologische Richtung der Physiologie ist daher von allen einseitigen gewiß immer noch die beste, als Anatomie selbst ihrer Natur nach herrlich und groß. Und es ist der Weg zu verzeichnen, auf welchem die Anatomie in der That auf die fruchtbarste Weise mit der Physiologie verbunden werde, und in welcher Art die schlichte Beobachtung in der anatomischen Untersuchung viel herrlicher und besser als das leichtsinnige und häufig

genug lügenhafte physiologische Experiment ist. Die vergleichende Anatomie hat die ganz freie geistige Aufgabe, die Metamorphose der Organe und der Organismen in ihrer endlichen Entfaltung zu enthüllen. Ich kann diese Bestimmung nicht deutlicher angeben, als wenn ich an Etwas von der Pflanze erinnere. Die Pflanze wiederhohlt nicht nur als Individuum immerwährend den Prozeß der Keimung, indem sie in jedem neuen Blatte wieder und wieder die neue Pflanze wird, und alle ihre endliche Entwickelung bis zu Kelch, Blumenkrone, Staubfäden, Pistill in der unendlichen Möglichkeit der einfachen Beziehung des Stieles zum Blatte, enthalten ist; sie tritt sogar in ihrem Innern nie über diese einfache Bestimmung hinaus, und indem ihre äußere Gestaltung die vielfältigste ist, ist ihre innere die einförmigste, ohne Besonderung der Organe, ohne Metamorphose derselben. Die Pflanze ist nur in der Metamorphose gleicher Theile und dadurch ihrer selbst, sie lebt nicht in der Metamorphose der Organe. Es giebt keine vergleichende Anatomie der Pflanzen, es giebt nur eine vergleichende stille Anschauung der unendlichen Mannigfaltigkeit ihres Grundwesens in dem Blatte, dem Stengel und der Wurzel, wie dieß Caspar Friedrich Wolff und nach ihm auf eignem Wege Göthe erkannte und ausführte. Das Thier metamorphosirt nicht seine Theile nach einander in der Zeit. Die Metamorphose des Thierleibes und seiner Organe ist eben so unendlich, aber nicht in dem Individuum, sondern in bleibenden Bildungen durch das ganze Thierreich. Die Metamorphose der Pflanzentheile nach einander ist eine unendliche in demselben Individuum; denn die Entwickelung der einzelnen Theile ist zwar endlich, aber die Entwickelung überhaupt ist durch die Projection der Theile unendlich, sie ist auch unendlich in der Frucht. Das ist jene freie geistige Bestimmung der vergleichenden Anatomie, nicht daß sie mit der fertigen Zerlegung der Thierleiber

und der Befriedigung einer gesetzlosen Neugierde in dieser Anschauung ausruhe, nicht daß sie die producirten Verschiedenheiten als fertige Einheiten erkenne, sondern daß sie die Natur in der Zeugung in dem lebendigen Proceß zur Production begriffen verfolge. Sie ist darum vergleichende Anatomie, nicht anatomia comparata, als welche über der Zerlegung, in der intellectuellen Anschauung, die ewigen Processe der Natur nachahmend, auf geistige Weise, das ist, die Begriffe zeugend, wiederhohlt. Die Deutschen dürfen sich es stolz sagen, daß Kielmeyer es war, der die vergleichende Anatomie von dieser ihrer innerlichen Seite zuerst erkannte; Er, der sie ins Leben gerufen, hat ihr auch diese geistige Bestimmung mitgegeben. Darauf hat Cuvier die Organe durch die Thiergeschlechter in ihrer leiblichen Metamorphose verfolgt; die vergleichende Anatomie wächst zur Ehre der Gottheit zu einem Riesenbau, aber sie fängt auch an von ihrer geistigen Richtung abzugehen. Eine neue herrliche Wissenschaft ist geboren und sie läuft Gefahr, immitten ihrer Ausbildung in ihrer höhern Bestimmung verkannt, zu einer überflüssigen, nicht einmal nützlichen Kenntniß zu werden. Wenn es Aufgabe ist, in diesem Sinne die Wissenschaft zu bearbeiten, so wird sie bald zu einem Chaos von Kenntnissen gewachsen seyn, in denen kein lebendiger Gedanke ist. Diese Register räumlicher Verhältnisse, diese Massen geschlossner Einheiten ermangeln der Einheit, durch welche sie verbunden in der Nothwendigkeit erkannt werden; sie können nicht den Werth der Sammlungen der Naturforscher haben, welche die Möglichkeit eines andern Verbrauchs zulassen, wenn jene jede höhere Anfrage unvorgesehen durch den Sinn für die Curiosität, für die unbegriffene Merkwürdigkeit abfertigen. Die vergleichende Anatomie hat vorzugsweise in Deutschland ihre genuine Bestimmung erhalten, sie hat dadurch

eine Zahl herrlicher Wahrheiten geboren. Man hat diese Wahrheiten erkannt, aber man erschöpft sich, durch eine Unzahl unpassender Vergleichungen jene zu trüben, als wenn die Wahrheit durch die todten Summen an ihrer Wahrheit gewinnen könnte. Göthe sah in der Entwickelung des Knochensystems die Metamorphose eines Centraltheiles, des Wirbels. Oken hatte diese Idee vielleicht eben so eigen, er hat sie auf das schönste ausgestattet. Aber man war damit nicht befriedigt. Geoffroy de St. Hilaire und Andere fallen in einer mehr emsigen als fleißigen Naturbetrachtung in eine Menge von Verlegenheiten, um die ideelle Wahrheit wahrer zu machen. Solche Wahrheiten werden nach vielen Mühen einmal erkannt und ausgesprochen. Sie zu wissen ist genug; sie haben nicht nöthig durch zufällige Formen bewiesen zu werden, und jeder Versuch eines Beweises dieser Art fällt strafend auf den Versucher zurück. Es hat dasselbe Bewenden mit der schönen Idee, daß der Embryo in seiner Entwickelung die organischen Formen der Thierwelt wiederhohle, die, von Anaximander*) aus, so oft durch den kurzen Blick des Zeitalters verloren, von großen Männern eben so oft wiedergeboren wurde **).

---

*) Origen. philosophum. cap. 6. 11. de Anaximandro. Euseb. praep. ad evang. 22. 6. Plutarch. de placit. philos. 5. 19. Censorin. de die nat. c. 4.

**) Nachdem diese Ansicht bis zum Aergerniß in Deutschland bearbeitet worden, sahen wir sie neuerlich in einem französischen Journale als eine seit einigen Jahren von Goeffroy de St. Hilaire gemachte Entdeckung anpreisen. Die deutsche naturwissenschaftliche Litteratur ist mit Ausnahme der neuesten in Frankreich immer noch viel zu wenig bekannt.

Die Richtung, welche die vergleichende Anatomie zu nehmen anfängt, hat die Botanik, Zoologie, Mineralogie längst genommen. Linne, von seinen Schülern zum großen Theil mißverstanden, hatte etwas Besseres in sich als die Systematik, die das Zeitalter von ihm allein aufgriff. Es läßt sich nicht angeben, wie viel Jemand empirischer Thatsachen unermüdet sammeln müsse, um sie erst zu Gedanken zu machen. Das was allein der Mühe werth ist, zu wissen, wird nicht erlangt durch die empirische Untersuchung selbst, sondern durch ein Organ höherer Art, und dieses subigirt jeden Stoff, wo ihn der empirische Mensch nur häuft.

Sinnlichkeit des Naturforschers.

Ich muß hier auf Etwas zurückkommen, wovon ich schon früher andeutend gesprochen, ich meine den Sinn des Naturforschers. Diese stille aber reiche Quelle führt den ruhigen einfältigen Beobachter über der Erklärung, über der Hypothese zu einer großen der Natur würdigen Betrachtung der lebenden Wesen. Es ist kaum begreiflich, wie man sich bis auf Wolff mit den verschiedenen Hypothesen der Zeugung befriedigen konnte. Eine Hypothese einer lebendigen Erscheinung kann es nicht geben. Man stellt von Veränderungen, welche nur in dem verständigen Verhältniß der Ursache und Wirkung bestehen, z. B. von den Ursachen und Fermenten vulkanischer Eruptionen, Hypothesen auf, und dieß mit Recht. Bei einer gewissen Vervollkommnung empirischer Kenntnisse lassen sich mit Bestimmtheit alle möglichen Fälle der zufälligen Entstehungsart eines Dinges angeben. Eine von diesen Ursachen muß die wahre seyn, und es liegt nur an der Beschränkung der empirischen Kenntnisse, daß vor der Hand nicht bestimmt

werden kann, welche Hypothese die richtige ist. Von den zufälligen Bedingungen der Aeußerung des Lebens kann auch hypothetisirt werden, nicht aber von dem Grunde einer lebendigen Erscheinung. Die sogenannte Theorie der Evolution, des Panspermatismus gehören in das Gebiet rein hypothetischer principloser Untersuchungen, sie sind nur Hypothesen, keine Theorien, sie untersuchen die Ursachen, nicht den Grund des Processes. Indem man allerwärts Stützen für die angebliche Theorie der Zeugung suchte, hat man selbst die Mittel angegeben, wodurch die verständige Hypothese widerlegt werden konnte. In allen diesen Operationen war, wie der unsterbliche Wolff zeigte, keine Spur von Erkenntniß des Zeugungsprocesses. Selbst der große Haller war in diesem Irrthum befangen, aber man hat kein besseres Beispiel als Bonnet's metaphysische Untersuchungen, denen aller philosophische Werth abging, und die in ihrem empirischen Inhalt unzuverläßig und oft genug wie vom Hörensagen waren. Es war zuerst Caspar Friedrich Wolff, der den Cirkel dieser Operationen erkannte. Sein ungetrübter heller Blick, mit dem er in die Natur schaute, zeichnete die Geschichte der Zeugung. In seiner Darstellung entwickeln sich die Theile sichtbar lebendig vor unsern Augen; und wiewohl er immer nur erzählt, was er gesehen, wiewohl er nie in eine philosophische Untersuchung über den innern Grund des Processes sich einläßt, wiewohl seine vis essentialis in ihrer Wesenheit nicht philosophisch bestimmt wird, so ist in seiner Darstellung nicht etwa nur die Zuversicht und Voraussetzung, daß diese Untersuchung vorausgegangen; sondern die lebendige Anschauung begeistet jedes seiner Worte; in der Berührung seines Griffels werden die Keime groß, und es wird deutlich, daß es eine Beschreibung giebt, die philosophischer ihrer Natur nach ist, als alle metaphysische Untersuchung der Er-

klärungsgründe. Die Untersuchungen über den Bildungstrieb haben Wolff's Geschichte der Bildung und Zeugung im Wesentlichen nicht erweitert; aber es ist zu verwundern, wie das Zeitalter mit einem neuen Namen sich gütlich abfand. Ich habe das Beispiel von Wolff absichtlich gewählt, um wie an dem glänzendsten zu erläutern, was der Sinn und die rechte Sinnlichkeit des Naturforschers sey. Lasset einen verständigen Mann die Erfahrungen machen, welche Wolff gemacht hat, lasset ihn so ausdauernd, so glücklich seyn, gebet ihm die feinsten Organe, nehmet ihm aber was Wolff hatte, und was ihn von vorne herein an dem Werthlosen vorbei immer nur dem Rechten zu, durch die Reste der todten Natur zur lebendigen Flamme führte, — er wird seine Erfahrungen sammeln, er wird ihnen Inductionen abgewinnen, er wird vielleicht daraus die Ungültigkeit der Evolutionshypothese, aber nicht ihre natürliche Anspruchslosigkeit auf eine Theorie beweisen; seine Beobachtungen werden vor Euch liegen wie todte Körper, zerrissene Glieder. Das Unbedeutende, Zufällige wird er oben anstellen, das Bedeutende, den Geist Bezwingende und Befruchtende ist verkannt, verkümmert, und Ihr werdet über den Entstellungen die Erfahrungen nicht wieder erkennen, von denen Ihr doch zugegeben habt, daß er sie mit Wolff theile. Wolff's Untersuchungen über die Generation erschienen in einem für ihren Gehalt zu wenig empfänglichen Zeitalter, sie sind auch jetzt noch nicht gekannt, wie sie es verdienen. Ich halte sie mit Göthe's Geschichte der Farbenlehre, welche zugleich eine Geschichte des Geistes in der Naturbetrachtung ist, für Fermente, mit denen man sich nicht befassen kann, ohne daß der Sinn erschlossen werde; man könnte sie als eigentliche Institutionen zu aller Naturwissenschaft betrachten.

Man hat eine natürliche Scheu vor Hypotheſen, weil keine allgemeinen Unterſuchungen über den Vorzug einer derſelben entſcheiden, ihre Beſtätigung vielmehr von einer noch mangelnden empiriſchen Thatſache abhängt. Aber eine andere Scheu vor der Hypotheſe iſt ſeltner und edler, die auf dem Bewußtſeyn der Ungenügſamkeit, des Unrechtes und des Unwerthes ſogar der beſtätigten Hypotheſe in phyſiologiſchen Dingen beruht. — Ich habe mich ſchon oben bemüht zu zeigen, daß die Naturforſchung auch etwas Religiöſes an ſich habe, damit will ich ſagen, daß ſie auch ihren Cultus habe. Man kann, glaube ich, hinzuſetzen, ſie hat auch ihre dauernden Prieſter. Da giebt es eine Erfahrung, die nur von Ideen gebildet wird, und aus den Erfahrungen wieder entſpringen uns auf unmittelbare Weiſe Ideen, weil jene wie Inſtitutionen eines religiöſen Cultus wirken. Dieſe anſpruchsloſe ſchlichte Anſchauung der Natur, die in ſich ſelbſt gezwungen, in allen Dingen nur das Rechte der Dinge, die Wahrheit ihres Scheins erkennt, iſt der Sinn des Naturforſchers und namentlich des Phyſiologen. Laſſet einen ſolchen Geiſt erfahren, was Ihr immer wollt, er erfährt mehr, als in den Dingen ſelbſt ſcheinbar ſinnlich Erkennbares iſt; und wie ſeine Erfahrungen und Betrachtungen aus der Idee hervorgehen, ſo gehen ſie auch in Ideen zurück. Ich erinnere an die Anſichten der Natur von Alexander von Humboldt und an die naturforſchenden Arbeiten Göthe's. Die Erfahrung wird zum Zeugungsferment des Geiſtes. Nicht das abſtracte Denken über die Natur iſt das Gebiet des Phyſiologen. Der Phyſiologe erfährt die Natur, damit er ſie denke.

Physiologie und Theorie der Medicin.

Was ich bisher gesagt habe, mag genügen, zu zeigen, welche hohe Aufgabe derjenigen Physiologie, welche ich zu zeichnen versucht habe, bevorstand und noch bevorsteht. Eine Theorie der Medecin kann nur von der rechten Physiologie ausgehen. Die meisten der sogenannten medicinischen Theorieen sind nur Verstandessysteme gewesen, als solche hypothetisch, unbefriedigend sogar dem Verstande, weil der Zustand empirischer Gewähr über ihr Gelten unsicher läßt, überhaupt unbefriedigend, weil von einer nur verständigen Betrachtung der Natur kein Heil zu erwarten ist. Es ist darum ein Schicksal aller dieser Versuche, daß sie auf zwei Wegen widerlegbar, größtentheils auf dem Weg der Erfahrung widerlegt wurden. In England und Frankreich ist aus Einsicht des Ungrundes der Hypothese die Medicin auf die verständige Empirie beschränkt. Die Deutschen haben Organe für etwas, was über der Hypothese ist, und was, durch Erfahrung unwiderlegbar, dieser erst den Gehalt giebt. Gewiß ist die Richtung, welche die Medicin jetzt in Deutschland mit der englischen und französischen größtentheils gemein hat, nur vorübergehend. Nach dem Sturz des Brownianismus war man in einem Zustand der Meinungslosigkeit, einer geistigen Ermattung. Wäre doch nicht allein der Irrthum der Erregungstheorie, sondern die Anspruchslosigkeit jedes ähnlichen Versuchs in dieser Erkenntnißstufe auf eine Theorie der Medicin deutlich gezeigt worden. Das Zeitalter wäre dann vor vielen Excursionen des Verstandes geschützt und zu einer großen Arbeit vorbereitet worden, wenn jetzt in Italien dieselben Cirkel mit größeren Durchmessern wiederhohlt werden, und von Frankreich noch Geringeres zu erwarten ist. Wenn zur Bildung des Physiologen nicht allein das philosophische Element im höhern Sinn, sondern, die genaueste empirische Ausbildung

im gesammten Gebiete der Naturwissenschaft gefordert werden, wie hoch werden wir die Aufgabe an eine Theorie der Medicin stellen, zu der die rechte philosophische und physiologische Ausbildung mit der practischen Tüchtigkeit des Arztes sich vereinigen sollen. Die Physiologie ist keine Wissenschaft, wenn nicht durch die innige Verbindung mit der Philosophie. Die Medicin ist keine Wissenschaft ohne den Anfang und das Ende der Physiologie.

II.

Von der Vermittelung

des Subjectes und Objectes

durch den Gesichtssinn.

1) Wie die thierische Einzelheit dazu komme, ihre Sinnesenergieen als eine von ihr selbst verschiedene Sinneswelt anzuschauen.

2) Von den Energieen des Gesichtssinnes.

3) Von der absoluten physiologischen Größe des Auges und seiner Gesichtsobjecte im Verhältniß zur wahren und scheinbaren Größe der Objecte im Sinne der Physiker.

4) Von der scheinbaren Lage der Gesichtsobjecte.

1) Wie die thierische Einzelheit dazu komme, ihre Sinnesenergieen als eine von ihr selbst verschiedene Sinneswelt anzuschauen.

Das Selbstbewußtseyn, dessen ursprünglicher Inhalt die dunkelsten anfänglichen Regungen des Selbstgefühles sind, ist Bewußtseyn innerer Veränderungen an demselben, welches bewußt wird, von welchen Veränderungen es noch nicht ermittelt ist, ob sie von einer von dem veränderten Selbst verschiedenen d. i. äußern Ursache erregt worden sind, oder ob Eines und Dasselbe, welches verändert wird und sich dessen bewußt ist, auch sich selbst Grund der Veränderung sey. Denn das Selbstbewußtseyn, von welcher Art immer die Objecte der subjectiven Empfindung seyn mögen, schließt das Bewußtseyn eines von dem Selbst Verschiedenen, nicht Selbstigen, aus. Wenn daher auch die Veränderungen der thierischen Selbstheit die Ursache der Erregung in einem von ihr selbst Verschiedenen hätten, so weiß das Individuum im bloßen Zustand des Selbstbewußtwerdens und ohne Ausbildung des Urtheils nichts von diesem problematischen äußern Grunde, sondern nur und immer nur von inneren Veränderungen. Die einzige Aeußerlichkeit des thierischen Bewußtseyns auf dieser Stufe sind eben nur die Veränderungen als Objecte der subjectiven Empfindung. Und wenn der Raum die Form der Anschauung für die wie-

verkehrende Nothwendigkeit des Objectes im Selbstbewußtseyn ist, wenn die thierische Einzelheit sich überhaupt räumlich empfindet, so ist auf dieser ersten Stufe nicht etwa ein Unterschied gegeben in der Empfindung der den Raum erfüllenden thierischen Leiblichkeit, und der den Raum erfüllenden von dieser verschiedenen anderen Objecte. Sondern bei dem Ausschluß alles Aeußern, von dem Selbst Verschiedenen, empfindet das Individuum in den Anfängen der Sensibilität, nur sich selbst räumlich ausgedehnt, nur sich selbst den Raum erfüllend. Die eigene Räumlichkeit, die eigenen Affectionen, als Objecte der Empfindung, sind hier auch die alleinige Natur, innerlich und äußerlich zugleich, das eine, in wie fern alle diese Affectionen doch nur dem identischen Selbst zukommen, äußerlich, in wie fern sie Objecte der subjectiven Empfindung sind. Wenn somit die thierische Selbstheit auch Anregungen des Bewußtseyns durch den Gesichtssinn hätte, wenn das Thier sich seiner während dem Sehen bewußt würde, so würde es der Gesichtsobjecte nur als Theile seiner selbst bewußt werden können, und nicht als von dem Ich verschiedener Dinge, vielmehr nur äußerlich und verschieden als empfundenes Selbst von dem empfindenden. Denn alles Andere steht mit dem als isolirt gedachten anfänglichen Selbstbewußtseyn im Widerspruch. Wir können also ursprünglich durch den Sinn von Nichts als von uns selbst wissen; unsere Affectionen sind uns unsere Sinnenwelt, unsere äußere Natur; und alle Gesichtserscheinungen sind dem Sinne immanent. Wir kommen auf das zurück, was schon gesagt worden ist. Vor der Erziehung der Sinne, vor der Ausbildung anderer intellectueller Vermögen, auf der ursprünglichen Stufe, wo das Thier überhaupt nur als sensibel betrachtet werden kann, ist eine Trennung der inneren selbstigen Veränderungen in solche, welchen das Thier sich selbst Grund ist, und in solche, welche eine von dem Thier verschiedene Ursache der

Erregung haben, nicht denkbar. Wie entsteht uns aber in der Erziehung der Sinne das Bewußtseyn der äußeren Ursachen von innern Veränderungen, welches im Anfang uns so heterogen, nach der Erziehung der Sinne, nach der Ausbildung des Urtheils, so nothwendig überzeugend uns wird, daß wir ohne die anstrengendste Abstraction immer gezwungen sind, unsere eigenen Sinnesaffectionen, welche unsere Sinnesenergieen sind, für eine uns gegenüber mit uns im Kampfe stehende äußere Natur zu halten?

Wenn ein Mensch, ohne jemal gesehen, gehört zu haben mit der Ausbildung des Gefühlssinnes anfienge, so wäre auf dieser Stufe für ihn kein Grund vorhanden, etwas Anderes als seine eigene Leiblichkeit zu empfinden. Denn von den ihn begrenzenden Theilen, welche in der That von ihm verschieden sind, weiß er durch den Sinn nicht, er weiß von sich selbst nur als dem Object der Veränderungen, die irgend eine, gleichviel welche, seiner Sinnlichkeit gleichgültige Ursache haben. Auf gleiche Weise, wenn Jemand ohne Ausbildung der anderen Sinne zu sehen anfinge, so wäre für ihn kein Grund vorhanden, daß er seine eigenen Gesichtsaffectionen als außer ihm setzte, sondern die größte Nothwendigkeit, wie mannigfaltig auch seine Gesichtsempfindungen wären, in diesen nur sich selbst mannigfaltig verändert in der Form der Gesichtsenergie zu empfinden. Indessen ist diese Abstraction des Selbstbewußtseyns, wie wir sie uns dachten, nur so lange rein, als die Sinne ruhend und nicht selbstthätig sind, als das Thier sich nicht bewegt, oder als keine relativen Veränderungen in den verschiedenen Objecten der Sinne eintreten. In der Erziehung der Sinne aber vermöge des Spieles entsteht uns die Trennung äußerer Ursachen und innerer Veränderungen nicht durch das Bewußtseyn, sondern durch das Urtheil auf folgende Weise nothwendig. Wenn auch dem durch das Urtheil unbefangenen Sinne alle Objecte des Tastraumes nur

als Affectionen des Sinnes selbst erscheinen können, so wird doch bald unter diesen Affectionen ein wesentlicher Unterschied bemerkt, solcher nämlich, welche dem vielfachsten Wechsel unterworfen sind, und solcher, welche während dieses Wechsels immer bleibend sind. Wenn wir nicht etwa passiv nur fühlen, sondern durch selbstthätige Bewegung unsere eigene Körperlichkeit tasten, so sind wir uns mit Bewußtseyn der Grund unserer Gefühlsaffectionen, und ein Theil Unserer ist es dem andern. Wir fühlen mit Bewußtseyn eines selbstigen tastenden Grundes, welcher so gut wie unsere betastete Leiblichkeit der Gefühlsaffection theilhaftig wird. Es giebt aber außer diesen eine Menge von Gefühlsaffectionen, in welchen wir überhaupt nur schlechthin fühlen, ohne daß wir die erregende Ursache der Gefühlsaffection als eine solche anzuerkennen genöthigt wären, welche, mit uns subjectiv eins, auch fühlte, welche als afficirt in unserem Selbstbewußtseyn gedacht werden konnte; d. h. wir sind genöthigt, als den Grund dieser Gefühlsaffectionen im Unterschiede der ersteren ein außer unserem Selbstbewußtseyn gelegenes Object anzunehmen, von dem wir aber eigentlich durch den Sinn nicht wissen. Deutlicher noch bei dem Gesichtssinne. Wir haben eingesehen, daß wenn Jemand ohne vorhergegangene Erziehung der übrigen Sinne zum erstenmal Gesichtsaffectionen hätte, er sich diesen als Veränderungen seiner selbst bewußt werden müsse, und daß für ihn noch kein Grund vorhanden sey, dasjenige, was er später seinen Körper, seine eigene Leiblichkeit nennen wird, auch der subjectiven Affection fähig zu halten, es trennend von den anderen räumlichen Dingen. Vielmehr würde er nicht anders können, als sich mit seinen Gesichtserscheinungen sammt und sonders identisch zu setzen. Wenn er aber fortführe durch einen Wechsel derselben afficirt zu werden, so würde er zunächst seinen eigenen Körper kennen lernen, als ein in allem Wechsel der anderen Sinneserscheinungen Bleibendes,

welches, (wofern wir mit der Erziehung des Gesichtssinnes auch die Entwickelung der andern Sinne zulassen, uns diese nicht ohne die thierische Bewegung zu denken vermögen,) bei dem Wechsel anderer Sinneseindrücke, über welche er nicht Herr ist, mit willkührlicher Bestimmung der Bewegungen gleichzeitig und diesen adäquat sich auch in dem Complex der anderen Gesichtserscheinungen verändere, und dessen Tastbewegungen immitten der passiven Bewegungen der übrigen Gesichtsobjecte ihm als spontane erschienen. Dadurch würde er genöthigt werden, dasjenige, was als ein Bleibendes in der veränderlichen Gesichtswelt besteht, und was mit der Selbstbestimmung gleichzeitig sich in der Gesichtswelt bewegt, in anderen Relationen zu anderen Gesichtsobjecten tritt, als ein solches anzuerkennen, was zwar mit jenen Object der Affection ist, zugleich aber, der selbstigen Affection fähig, mit seinem Selbstbewußtseyn vereinbar ist. Von großer Wichtigkeit ist aber das Zusammenwirken der verschiedenen Sinne und namentlich des Gesichtssinnes und des Tastsinnes. Denn eine Relation unserer Leiblichkeit, als bleibenden Gesichtsobjectes zu den anderen Gesichtsobjecten, welche die Energieen des Gefühlssinnes erregen könnte, erkennt das Gesicht zum Voraus. Wir sehen von den Dingen voraus, daß wenn mit dem Gesichtsobjecte unserer Körperlichkeit die anderen Gesichtsobjecte im Gesichtsfelde in Berührung kommen, dem Gefühlssinne zugleich die Gefühlsenergie zur Anschauung kommt. Wir sehen voraus, wohin das Gefühl möglicherweise noch kommen kann.

So lange wir unsere Sinneseindrücke für ein uns selbst Aeußeres anerkennen, verwechseln wir, durch die Nothwendigkeit des Grundes vermöge des Urtheils geleitet, unsere Affection in der Sinnsenergie, das Object in der momentanen Aeußerung des Selbstbewußtseyns, mit der Ursache. Wir sind in diesem Zustande nicht rein sinnlich; denn

es ist uns durch die Erziehung des Sinnes nothwendig geworden, die Empfindung als abstracte ohne concreten Inhalt als Gegenstand des Selbstbewußtseyns zu haben. Jene Trennung der Affection in der Sinnsenergie von unserem Selbst, als ein demselben schlechthin Aeußeres, wird durch nichts mehr befördert, als durch das Gefühl des Mangels, nämlich die Unzureichbarkeit, aus sich selbst zehrend den Gestaltungsproceß der thierischen Einzelheit fortzusetzen. So entsteht im Gegensatz des theoretischen Verhaltens das practische Verhalten des Individuums gegen die Natur; wodurch wir Willens sind, die Natur als ein unseren Sinnen Aeußeres zur Selbsterhaltung uns zu unterwerfen.

---

2) Von den Energieen des Gesichtssinnes.

Von den Arten, wie der thierische Organismus sinnlich afficirt wird, haben wir nur eine zu beleuchten uns vorgenommen, den Gesichtssinn, dessen Energieen die Empfindung des Lichten, des Dunkeln und des Farbigen sind. Und so wollen wir denn gleich im Anfang den Grundgedanken aller physiologischen Untersuchung sowohl über den Gesichtssinn als über alle anderen Sinne aussprechen, den wir im Verfolg der Untersuchung uns nicht oft genug wiederhohlen können, und ohne den durchaus keine Einsicht in die Physiologie der Sinne möglich ist, ohne welchen alle Excursionen des Verstandes in die Erfahrung und aus derselben nur eine im wesentlichen unphysiologische Untersuchung der äußeren Bedingungen des Hörens, Sehens, Fühlens u. s. w. bleiben müssen. Daß die Energieen des Lichten, des Dunkeln, des Farbigen, nicht den äußeren Dingen, den Ursachen

der Erregung, sondern der Sehsinnsubstanz selbst immanent sind, daß die Sehsinnsubstanz nicht afficirt werden könne, ohne in ihren eingebornen Energieen des Lichten, Dunkeln, Farbigen thätig zu seyn; daß das Lichte, das Schattige und die Farben nicht dem Sinn als etwas fertiges Aeußerliches existiren, von welchem berührt der Sinn nur die Empfindung desselben habe, sondern daß die Sehsinnsubstanz von jedwedem Reiz, welcherlei Art er immer sey, aus ihrer Ruhe zur Affection bewegt, diese ihre Affection in den Energieen des Lichten, Dunkeln, Farbigen sich selbst zur Empfindung bringe. Der Sehnerve kann gar nicht afficirt werden, ohne zu sehen sich selbst leuchtend, der Hörnerve nicht afficirt werden, ohne zu tönen, der Geschmacksnerve nicht, ohne zu schmecken u. s. w. Der Sehnerve sieht nicht darum, weil die Netzhaut mit dem in Berührung kommt, was wir physikalisches Licht nennen; der Hörnerve hört nicht darum, weil er durch die Schallleitung, oder besser Schwingungsleitung mitschwingt. Schwingend vielmehr würde die Netzhaut nur leuchten, der Hörnerve, wenn er zugänglich wäre den Ursachen, welche im Sehnerven das Gesicht bedingen, nur tönen. Es ist ganz gleichgültig, von welcher Art die Reize auf den Sinn sind; ihre Wirkung ist immer in den Energieen des Sinnes. Druck, Erschütterung, Friction, Kälte und Wärme (oder vielmehr, was der Kälte und Wärme, die auch Sinnesenergien, zu Grunde liegt), der galvanische und electrische Gegensatz, chemische Reagentien, die Pulse des eigenen Körpers, die Entzündung der Netzhaut, die Sympathien endlich des Auges mit anderen Theilen des Körpers, kurz alle nur denkbaren Reize, welche in was immer für einer Form auf die Sehsinnsubstanz zu wirken vermögen, wirken auf

diese nur so, daß sie ihre Dynamis, die Empfindung des Dunkeln, welche sie auch ohne Reiz hat, zu ihren Energieen, zur Empfindung des Lichten und des Farbigen treiben. Dahin gehören dann alle sogenannten subjectiven Gesichtsphänomene, welche durch Purkinje aus einer langen unverdienten Nacht zum endlichen Heil der Physiologie ans Licht gezogen worden sind. Nicht also nur das, was wir Licht nennen, leuchtet; auch der Druck, die Friction, kurz alle Bewegung leuchtet dem Auge, auf das Auge unmittelbar wirkend; und das äußere Licht ist um nichts vornehmer in der Erzeugung der subjectiven Lichtenergieen, als alle anderen Bedingungen; auch es leuchtet nur, in wie ferne es, das Auge afficirend, ein sich selbst Fremdartiges, dem Auge Homogenes, die Lichtempfindung erregt. Und nicht etwa wird durch jene außer dem äußern Licht gegebenen Reize, in wie fern sie auf das Auge wirken, nur eine allgemeine Lichtempfindung erweckt, sondern wenn jene Reize wie der Druck u. s. w. gleich dem äußern Licht auf einzelne Theile der Netzhaut wirken, erregen sie so gut wie dieses in der Netzhaut subjective Bilder, deren Grenzen den afficirten Theilen entsprechen. Auch ist die Lichterzeugung in dem Auge nicht etwa so zu denken, daß durch die Friction u. s. w., wie in der äußern Natur äußerliches Licht erzeugt werde (welches doch wieder nur Licht ist, in so fern das ihm zu Grunde liegende Unbekannte auf das Auge durch dessen brechende Medien wirkt), so daß nach einem geistreichen Schriftsteller *) das Auge mit einem selbstleuchtenden und sein Selbstleuchten empfindenden Phosphor verglichen werden könnte. Auch diese Ansicht, wie sehr sie sich der wahren nähert, ist dennoch als halb wahr zu verwerfen; sie ist nur wie die ursprüngliche Platonische, mit

*) In Göthe's Morphologie II. 1.

welcher sie wesentlich identisch ist, symbolisch, und hat die Wahrheit der Erscheinung nicht erschöpft. Nicht ein durch Friction, Erschütterung, Druck, Galvanismus im Auge erzeugtes Licht wird empfunden; nie wird durch solche Reize in dem Auge ein dem fremden Beobachter erkennbares Licht entwickelt, wie stark auch die subjective Lichtempfindung in dem eigenen Auge war. Wer sich viel mit subjectiven Sehversuchen beschäftigt hat, dem wird der Gedanke von objectiver Lichtentwickelung ganz und gar fremdartig seyn. Es ist auch nie nöthig, daß objectives Licht in dem Auge erzeugt werde, damit es empfunden werde; in dieser Ansicht hängt die Wesenheit der Empfindung von einem vor der Empfindung schon fertigen sinnlichen Eindruck ab, was dem Begriff des Sinnes widerspricht. Nur in den mechanischen Processen setzt der wirkende Stoff an dem, auf welchen gewirkt wird, seine eigene mechanische Energie. In dem chemischen Processe ist das Product durch die Wahlanziehung differenter Stoffe bedingt; das Eine setzt nicht in dem Andern, wie im mechanischen Proceß, seine eigene Wirksamkeit, sondern aus der differenten Wirksamkeit beider Stoffe, in welcher jeder leidend zugleich als wirkend ist, entsteht das neue Product, in welchem die eine elementarische Substanz nicht auf Kosten der andern gewachsen ist, sondern beide ihre elementarischen Wirksamkeiten in einem und demselben Dritten verschweigen. Anders im Organischen. Alle Substanzen, alle Reize, welche auf das lebende Organische wirken, setzen weder ihre eigene Wirksamkeit in das Organische, wie im mechanischen Proceß, noch auch verbindet sich die einwirkende Substanz mit der leidenden Organischen zu einem neutralen Product; sondern alle einwirkenden Substanzen bewirken in dem thierischen Proceß ein Anderes, als sie selbst sind, und die Art der Reaction hängt nicht wesentlich von dem Reiz ab, sondern sie ist eine von den in der thierischen Wesenheit ge-

legenen Energieen. So bewirken alle denkbaren Arten von Reiz auf den Bewegungsnerven nicht das ihnen Gleiche, eine mechanische, eine galvanische Aeußerung u. s. w., sondern die organische Contraction des Muskels. So wirken alle denkbaren Arten von Reiz in der Sehsinnsubstanz nur die Energieen derselben, ein anderes als das Gleiche des Reizes, Licht. So tönt der Hörnerve in jeder denkbaren Affection. In welcher Sehenergie das Auge reagire, ob in Licht, in Dunkel, in den verschiedenen Farben, in welchem Tone der Hörnerve thätig sey, dieses allein hängt von der Art der Einwirkung und der Art der Empfängniß des Eindruckes ab. Was nun das äußere Licht betrifft, so gehört auch dieses, in sofern das, wodurch wir von ihm wissen, eine uns schon bekannte Energie des Sehsinnes ist, nur dem Auge an. Was aber dem, was die Lichtenergie in unserm Auge, wie andere auch mechanische Reize, hervorbringt, indem es, von Außen durch die Medien des Auges durchgehend, mit der Netzhaut in die innigste Berührung kommt, außer unseren Sinnesenergieen wesentlich zu Grunde liegt, das wissen wir nicht. Und es ist Unrecht zu sagen, die Körper würden auch ohne das empfindende Organ leuchten, als habe das von außen ganz und gar fertige Licht nur zu warten, bis es die Netzhaut berühre, um als fertiges empfunden zu werden. Dasjenige, was nach den Gesetzen seiner Bewegung durch durchsichtige Körper auf dem Grunde des Auges verschiedene Stellen der Netzhaut verschieden afficirt, in welcher Affection die Netzhaut wie gegen alle mechanischen und chemischen Reize in ihrer Lichtenergie thätig ist, dieses wird äußeres Licht genannt. Die Unterschiede dieser Affectionen sind in der Empfindung Bilder. Auch das auf dem Grunde des Auges gebildete und uns objectiv nach geschickter Präparation darstellbare Bild ist leuchtendes Bild nur, in wiefern das ihm zu Grunde liegende Princip reflectirt wieder dieselben

Unterschiede für die Lichtenergieen in unserm beobachtenden Auge setzt. Als Beweis, daß das durch Druck in dem Auge entwickelte Licht, nicht nur subjectiv empfundenes, sondern auch dem Beobachter äußerlich erkennbares sey, hat man angeführt, daß die Augen verschiedener Thiere im Dunkeln leuchten; aber dieses Licht wird nicht von dem Auge entwickelt, sondern ist lediglich von dem glänzenden Tapetum reflectirt. Davon habe ich mich durch vielfache Beobachtungen überzeugt; auch leuchten die Augen der todten Katzen, wie ich bemerkt habe, noch unter denselben Bedingungen. Die geringsten Mengen von Licht werden bei einer sonst mäßig dunkeln Umgebung von dem glänzenden Grunde des Auges wie von jedem glänzenden Hohlspiegel reflectirt. Aus diesem Grunde leuchten auch die Augen der Albinos; allein niemals haben unter diesen Umständen die Leucotischen selbst die Empfindung des Lichtes gehabt *). Daß aber jene durch den stärksten Druck, durch Schlag auf das Auge subjectiv in der Affection der Netzhaut empfundenen Blitze das Auge wirklich auch nur um die geringste Spur erhellt hätten, so daß das so entwickelte Licht dem Auge des fremden Beobachters erkennbar gewesen wäre, hat noch Niemand jemals wahrgenommen.

Wenn es auch wahr ist, daß wir von den Dingen der Erfahrung nicht anders als durch die Sinne wissen, von ihnen nichts als vermöge der Beziehung auf den subjectiven Sinn erkennen, so mögen wir darum doch über den Aeußerungen, als den Ursachen der Erregung, nicht die Wesenheiten und Wahrheiten der Sinne selbst vergessen, was wir uns nicht oft genug bei unserer subjectiven Stellung unter den Dingen wiederhohlen können. Wir mögen uns die Mahnung

*) Schlegel, Beitrag zur näheren Kenntniß der Albinos. Meiningen 1824. S. 70.

gelten lassen, daß Licht, Dunkel, Farbe, Ton, Wärme, Kälte, und die verschiedenen Gerüche und Geschmäcke, mit einem Worte, was Alles uns die fünf Sinne an allgemeinen Eindrücken bieten, nicht die Wahrheiten der äußeren Dinge, sondern die realen Qualitäten unserer Sinne sind, daß die thierische Sensibilität allein in diesen rein subjectiven Zweigen ausgebildet ist, wodurch das Nervenmark hier nur sich selbst leuchtet, dort sich selbst tönt, hier sich selbst fühlt, dort sich selbst riecht und schmeckt. Daß unter den äußeren Stoffen die einen mehr diesen, die anderen mehr jenen Sinn afficiren, daß die Bedingungen für verschiedene Töne, für verschiedene Gesichtserscheinungen, wie etwa für die verschiedenen Farben, in den äußeren Dingen gegeben sind, wird damit nicht geläugnet. Aber derselbe Reiz, wie der Galvanismus, oder der Druck, die Pulse des Körpers, die Affection des Gehirns, jeder von allen diesen Einflüssen, erregt in dem Sehorgan Lichtempfindung, in dem Gehörorgan Ton, in dem Riechnerven Geruch u. s. w. Die Wesenheit der äußeren Dinge und dessen, was wir äußeres Licht nennen, kennen wir nicht, wir kennen nur die Wesenheiten unserer Sinne; und von den äußeren Dingen wissen wir nur, in wie fern sie auf uns in unseren Energieen wirken. Wäre es nun möglich, von dem äußern Lichte Etwas aus einer ihm selbst adäquaten Wirkung an anderen Dingen zu erkennen, so kann dies gewiß nie durch das Auge gesehen, von welchem es durch Erfahrung ausgemacht ist, daß es gegen alle Arten von Reiz nicht in den ihnen adäquaten, sondern in eigenthümlichen von jenen verschiedenen Energieen reagire. Wir müßten die physicalischen Wirkungen des Lichtes auf Substanzen untersuchen, welche selbst nicht thierische oder pflanzliche Einzelheiten sind. Ob auf diesem Wege etwas zu gewinnen sey, haben wir hier nicht zu untersuchen. Um den Erfolg dieser Untersuchung, um

das Wie dieser Wirksamkeit darf das Auge selbst nicht verlegen zu seyn, wenn dem sogenannten Lichte überhaupt nur die Gesetze seiner Bewegung durch durchsichtige Medien zukommen. So mögen also die Energieen des äußern Lichtes seyn, welche sie immer wollen, es muß, mit der Fläche der Netzhaut in Berührung, nach Maaßgabe seiner Einwirkung an verschiedenen Stellen Unterschiede der Affection setzen, welche in den Energieen des Auges Unterschiede der Lichtempfindung sind. Dasjenige, was, wenn es nach den Gesetzen seiner Bewegung durch durchsichtige Körper auf der Netzhaut Unterschiede der Affection in den Energieen des Sehsinnes setzt, Licht genannt wird, ist also nicht der erste und vornehmste Impuls zur Erzeugung der Empfindung des Lichtes und der Farbe, sondern unter vielen andern, welche das Gemeinsame haben, daß sie in dem Auge ein von ihnen selbst Unterschiedenes, dem Sinn selbst Angehöriges, Lichtempfindung wecken, der gewöhnlichste.

Das Auge sieht sich im Zustande seiner eigenen Ruhe dunkel; und wo in einer Gesichtsempfindung schattige Theile des Gesichtsfeldes sind, da sind einzelne Theile der Netzhaut, diesen entsprechend, im Zustande der Ruhe, der Reizlosigkeit, des Mangels. Die Finsterniß ist ebensowenig als das Leuchten etwas an den Körpern Haftendes. Das gesunde durch keinen Einfluß gereizte Sehorgan sieht bei geschlossenen Augenliedern sich in seinem ganzen Umfange finster, aber auch nur in seinem eigenen Umfange. Ist die Empfindung überhaupt negirt, ist das Organ gelähmt, so hört auch die sinnliche Anschauung der eigenen Ruhe als Dunkel auf. So ist der Schatten auch nur da empfindbar, wo die Sehsinnsubstanz gelegen ist, und es fällt uns nicht ein, die Dinge hinter uns bei geschlossenen Augen wie das Vordere dunkel uns vorzustellen; es ist uns unmöglich, von dem Hinter uns selbst bei geschlossenen Augen die Empfindung des Schattigen zu haben. Negation

des Reizes bedingt nicht Negation der Empfindung. An dieser Grenze empfindet sich das Auge noch dunkel. Aber Negation der Empfindung negirt auch das sinnlich Dunkele. Die Netzhaut, wo sie die Empfindung der räumlichen Grenze hat, empfindet ihre eigene räumliche Ausdehnung in der Energie des Lichtes. Es wird kaum nöthig seyn, nach diesen Erörterungen zu erklären, was wir von der Newtonischen Farbenlehre halten müssen. Die subjectiven Farben entstehen dem Auge in dem Uebergange aus dem Zustande einer lebhaften Affection in den der Ruhe. An diesen Grenzen ist die Empfindung des Lichten und des Dunkeln, in dem Uebergange die der Farben. Die Entstehung der Farben, welche wir objective nennen, obgleich ihre Bestimmungen, wie wir gezeigt haben, nur objectiv sind, ist dieselbe. Mit allen erklärungssüchtigen Operationen, wie sie das dogmatische Newtonische Theorem veranlaßt hat, wird nichts ausgerichtet, als daß die objectiven Bedingungen der rein sinnlichen Farbenentstehung verändert werden. Dieß jedoch hier nur beiläufig; wir wollen diesen Seitenweg genauer verfolgen, wenn wir unser Bekenntniß über die Göthische Farbenlehre in einem spätern Abschnitte offen darlegen werden.

Ein geistreicher und verdienstvoller Naturforscher, Steinbuch*), hat die Vorstellung des Räumlichen in den Sinneserscheinungen den verschiedenen Sinnessubstanzen selbst abgesprochen und den mit den Sinnen verbundenen Bewegungsorganen zugetheilt. So empfinde die Netzhaut nicht das räumliche Nebeneinander der Objecte in den Bildern; sondern diese Perception werde durch die Contraction der Augenmuskeln vermittelt. Beleuchtet, werde der kleinste Theil der Netzhaut, ein Punkt derselben, durch die

*) Beiträge zur Physiologie der Sinne. Nürnberg 1811. 8.

bewußte Contraction eines Augenmuskels in der Empfindung zur leuchtenden Fläche ausgedehnt. Das Maß des Räumlichen in der Vorstellung sey durch das Maß der Muskelcontraction bestimmt. Damit aber andere Theile der flächenhaften Netzhaut auch beleuchtet würden, bedürfe es anderer Contractionsgrade der Muskeln. So wird der räumliche Unterschied auf der Retina zu einem zeitlichen der Contractionen, welche nöthig sind, um verschiedene Theile der Netzhaut nacheinander einer und derselben Beleuchtung auszusetzen. Alle Theile der Netzhaut stehen in Beziehung mit bestimmten Contractionsgraden der verschiedenen Augenmuskeln; und so, wird gesagt, sey durch die Erziehung des Gesichtssinnes die Beleuchtung und Empfindung an bestimmten Stellen der Netzhaut in Beziehung auf ihre ganze Ausdehnung stillschweigend an das Bewußtseyn der jenen Stellen angehörigen Contractionsgrade oder, wie Steinbuch sich ausdrückt, Muskelideen geknüpft; wodurch die Vorstellung des räumlichen Nebeneinander im Gesichtsfelde entstehe. — Heißt das nicht den Widerspruch mit der Natur suchen, um daran seinen Scharfsinn zu zeigen? Ich habe jenes Werk, dessen andere Verdienste hier nicht zu würdigen sind, mit der größten Aufmerksamkeit gelesen; denn nicht leicht ist ein Irrthum mit so vieler Verschwendung von Geist und einem so künstlichen Aufwand von Scharfsinn ausgestattet worden, und das Gefangennehmen geschieht schon von vorn herein sanft und sachte in einer scheinbar consequenten Construction des Raumes. Der Verfasser läßt auch dem Kinde die Construction des Tastraumes und des Raumes überhaupt durch die Empfindung der Bewegungsgrade der Muskeln entstehen.

Fragen wir aber, was dann in der Empfindung verschiedener Bewegungsgrade der Muskeln wirklich empfunden werde, oder was eigentlich die Bewegideen Steinbuch's sind, so ist die Antwort keine andere, als: das Maß des

Kraftaufwandes zur Vollendung einer Bewegung, wessen das Thier durch Empfindung sich bewußt wird, welches aber doch bei einem und demselben Raume ein verschiedenes seyn kann. Und wenn man etwa sagen wollte, wir vergliechen die Zeiten, in welchen wir bei einem bewußten Kraftaufwande verschiedene Räume messen, um zur Anschauung dieser Räumlichkeit zu gelangen, so hätten wir ja um des Raumes willen der Anschauungsform der Zeit zuerst nöthig, was Niemand zugeben wird. Sollen wir ferner auch eine theilweise Contraction der Muskeln für kleinere und größere Räume gestatten, so würden wir auch zugeben, daß der Begriff des Raumes uns aus der vorausgesetzten Unterscheidung von Contractionen verschiedener Theile Unserer selbst, also durch eine Anschauung unserer eigenen Räumlichkeit erwachse; und wenn ferner von Contractionen verschiedener Muskeln und der ihnen anhaftenden Bewegideen, durch welche der Begriff des flächenhaften und cubischen Raumes entstehen soll, die Rede ist, so wird wieder eine Unterscheidung in der Empfindung verschiedener Theile Unserer selbst, welche nur räumlich seyn kann, vorausgesetzt. Diese Cirkel, diese Anticipationen des Beweises wiederhohlen sich in der von Steinbuch versuchten Construction überall. Das Ganze mit ungemein vielem Geiste unterhaltene künstliche Gebäude der Sinnenwelt scheint halb zu befriedigen, indem es stillschweigend dem Grundsatze huldigt, in Dinge, deren Fortschritt und Uebergang gezeigt werden soll, ein unnützes und überflüssiges Mittelglied einzuschieben. Der Begriff des Raumes kann nicht erzogen werden, vielmehr ist die Anschauung des Raumes und der Zeit eine nothwendige Voraussetzung, selbst Anschauungsform für alle Empfindungen. Sobald empfunden wird, wird auch in jenen Anschauungsformen empfunden. Was aber den erfüllten Raum betrifft, so empfinden wir überall nichts, als nur uns selbst räumlich, wenn lediglich von Empfindung, von Sinn

die Rede ist; und so viel unterscheiden wir von einem objectiven erfüllten Raum durch das Urtheil, als Raumtheile Unserer selbst im Zustande der Affection sind, mit dem begleitenden Bewußtseyn der äußern Ursache der Sinneserregung. So liegt denn die räumliche Anschauung der Leiblichkeit allen Bewegungen zu Grunde, und nicht durch diese kann der Begriff von Räumlichkeit entstehen. Die Netzhaut sieht in jedem Sehfelde nur sich selbst in ihrer räumlichen Ausdehnung im Zustande der Affection; sie empfindet sich selbst in der größten Ruhe und Abgeschlossenheit des Auges räumlich dunkel. Allerdings entsteht durch die Bewegung dieses Sehfeldes vermöge der Augenmuskeln erst der allgemeine Sehraum. Die Bewegung hilft nicht die Sinnesenergieen bilden, sie macht den Sinn frei.

---

3. Von der absoluten physiologischen Größe des Auges und seiner Objecte, im Verhältniß zur wahren und scheinbaren Größe der Objecte im Sinne der Physiker.

Seitdem man die Bilder auf dem Grunde des Auges durch den Versuch objectiv darzustellen gelernt, war man einer augenscheinlichen Bestätigung der optischen Theorie des Sehens gewiß. Indeß konnte der Unbefangene doch immer nicht den entschiedenen Widerspruch verläugnen: wie kommt es, daß, wenn die durch die brechenden Medien vermittelten Bilder auf einem so kleinen Grunde, als der Boden des Auges ist, ausgewirkt sind, wir in der Empfindung die Gegenstände nicht in dieser, sondern in ihrer soge-

nannten natürlichen Größe erblicken. Dieser Einwurf ist die Stimme des unbefangenen, die Unvollkommenheit der Erklärung nicht verläugnenden, aber durch die vollendete Erziehung des Sinnes über die ursprünglichen natürlichen Verhältnisse der Sinneserscheinung irre geleiteten Menschen. Denn, wie schön und deutlich immer auch die kleinen Bilder in dem leucäthiopischen Auge ausgewirkt seyn mögen, wir werden Niemand sogleich den Glauben aufdringen, daß sie es sind, welche empfunden werden. Wenn die Netzhaut des Auges immer nur sich selbst empfindet, warum empfindet sie sich in einer Größe, von welcher das Bild des ganzen Körpers, dessen kleinster Theil doch das Auge ist, nur einen Theil im Sehfelde ausmacht? Diese Frage hat sich, wie es scheint, die Physiologie, die sich von den Optikern und Mathematikern, statt der Theorie des Sehens selbst, eine Erörterung der äußeren Bedingungen willig aufdringen ließ, zum Vortheil der optischen Analyse des Sehens, verläugnen müssen. Indessen war der Widerspruch zu offenbar, als daß nicht Einzelnen die Noth und der Druck der Physiologie in diesen Engen bemerkbar geworden. Kam aber einmal die Frage vor die optische Tribune, so wurde dieser die Antwort um so leichter, da sie, ohne ihre mathematischen Rechte zu kränken, durch eine ihrer Consequenz selbst fremde, nämlich physiologische Erklärung, welche den Todtensprung machen mußte, einen Schleichhandel zwischen den natürlichen Größen der Dinge und der Netzhaut zu eröffnen wußte. Und die Aerzte ließen sich es wohl ruhig gefallen, wenn man sagte: nachdem einmal das kleine Bild auf der Netzhaut durch brechende Medien gewirkt ist, empfindet die Netzhaut doch nicht so sehr die Berührung des Lichtes mit ihr selbst in diesem Bilde, sondern vielmehr die Direktionslinien der Lichtstralen bis zu den Objecten natürlicher Größe. Diese Mystificationen des Physiologen so gut wie des Optikers, wobei der erstere aber

meist der unwissend Betrogene war, sind in der Geschichte der Optik häufig genug. Ja wir haben neulich noch in einer französischen Zeitschrift eine sogenannte Theorie des Sehens gelesen, worin der Widerspruch des Verkehrtsehens dadurch erklärt wurde, daß nicht die Berührung des Lichtes selbst, sondern die sich kreuzenden Directionslinien der Lichtstralen gegen die Objecte hin empfunden würden, wodurch das Verkehrtsehen aufgehoben wäre! So muß es aber kommen, wenn man in die Erörterung der Bedingungen des Sehens die Physiologie desselben setzt, und frisch weg zu operiren fortfährt, ohne die ersten physiologischen Grundbegriffe der Sinne befestigt zu haben. Wir wollen andere ärgerliche Beispiele übergehen und uns zunächst mit einer ernsten Auflösung jener Frage beschäftigen, indem wir ohne diese Auflösung alle andere Theorie des Sehens für sehr ungenügend und unbeneidenswerth halten. Die Auflösung dieser Frage wird uns aber recht in die Physiologie des Gesichtssinnes und wie in ihr Inneres einführen.

Man weiß, daß die scheinbaren Größen der Gegenstände im Verhältniß zu einander bestimmt werden durch die Entfernung der Gegenstände; und zwar verhalten sich die scheinbaren Größen zu einander wie die Tangenten ihrer Sehwinkel. Bei verschiedener Entfernung der Gegenstände von den brechenden Medien muß zwar auch die Vereinigungsweite des Bildes hinter den brechenden Medien sich ändern. Allein bei dem Auge beträgt diese Veränderung der Vereinigungsweite des Bildes von der Linse für alle Wechsel der Entfernungen nicht über eine Linie. Und dieser Unterschied kann in Hinsicht des Gesetzes der Sehwinkel übersehen werden.

Wenn nun auch bei einem brechenden Medium die Vereinigungsweite des Bildes von der Brennweite der Linse (als einem bleibenden Moment) und von der Entfernung

des Gegenstandes (als einem veränderlichen Moment) abhängt, so daß die Vereinigungsweite des Bildes bei irgend einer Linse gefunden wird, wenn man das Product aus der Brennweite der Linse in die Entfernung des Gegenstandes von derselben durch die Differenz der Entfernung des Gegenstandes von der Brennweite dividirt, so muß, da die Vereinigungspuncte des von verschiedenen Puncten der Objecte einströmenden Lichtes durch die Achsen der Lichtkegel bestimmt sind, die scheinbare Größe des Gegenstandes um so kleiner werden, je kleiner die Vereinigungsweite des Bildes von der Linse im Verhältniß zur Entfernung des Gegenstandes ist, um so größer, je größer die erstere in Beziehung zur letztern. Die scheinbare Größe der Objecte ist also bei verschiedenen Linsen und verschiedenen Entfernungen entweder kleiner oder größer als die wahre Größe; die scheinbare wird aber der wahren Größe gleich seyn, wenn die Entfernung des Gegenstandes von der Linse gleich ist der natürlichen Entfernung der Vereinigungsweite des Bildes (bei dem Auge Entfernung der Netzhaut von der Linse), welche Entfernung für die Gleichheit der wahren und scheinbaren Größe bei Linsen von verschiedener Brennweite verschieden ist.

Gesetzt nun, die Netzhaut verändere in der That ihre Entfernung von der Linse aufs genaueste nach Maßgabe der Entfernung des Gegenstandes, so giebt es also bei den brechenden Medien des Auges von gleichbleibender Brennweite nur eine gewisse Entfernung des Gegenstandes sowohl als der Netzhaut von der Linse, in welcher die scheinbare Größe des Bildes auf der Netzhaut gleich wäre der wahren Größe des Objectes, d. h., so daß derjenige Theil der Netzhaut, welcher das Bild empfängt, wenn er den Gegenstand selbst berührte, ihn auch vollkommen deckte. Bei dem menschlichen Auge treten diese Bedingungen nie rein ein. Denn

bringen wir einen Gegenstand unserm Auge so nahe, als die Netzhaut möglicher Weise der Linse sich nähern oder von ihr sich entfernen kann, so erscheint er höchst undeutlich, zum Zeichen, daß die Voraussetzung falsch ist, nämlich die Netzhaut könne ihre Entfernung von der Linse nach Maßgabe der Entfernung des Gegenstandes bis zu dem Puncte verändern, daß die für die brechenden Medien des Auges bestimmte Gleichheit der Entfernung der Vereinigungsweite und der Entfernung des Gegenstandes eintrete. Um also die Gegenstände wenigstens annäherungsweise in ihrer wahren Größe zu sehen, ist es nöthig, daß wir sie ganz dicht dem Auge nähern; in welchem Falle die kleinsten Gegenstände den größten Theil des Gesichtsfeldes einnehmen.

So, um beiläufig die wahre Größe unseres Auges objectiv kennen zu lernen, müßten wir ein Menschenauge als Gesichtsobject so nahe unserm Auge bringen, daß dessen Bild die ganze Netzhaut oder das ganze Gesichtsfeld einnehme; in welchem Falle die wahre Größe des Gegenstandes und die scheinbare desselben sich wenigstens näherten. Nun mögen wir ein Auge so nahe wie immer dem Gesichte bringen, seine scheinbare Größe also immer vermehren, nie wird es das ganze Gesichtsfeld einnehmen, und somit erkennen wir, wie das Auge nicht, so nichts Objectives in irgend einer Entfernung, selbst der nächsten, in seiner wahren objectiven Größe. Denn für das menschliche Auge existirt eine solche Beweglichkeit der Vereinigungsweite des Bildes nicht, daß eine Entfernung der Netzhaut von der Linse erreicht werden könnte, in welcher Object und Bild an Größe gleichen.

Es ist also klar, daß, wenn die Physiker von dem Verhältniß der wahren und scheinbaren Größe der Objecte sprechen, und diese einer verhältnißmäßigen Formel unterwerfen, dieß nur insofern richtig ist, wenn die ohne Mit-

tel unserm Auge erkennbare Größe eines Gegenstandes mit einem andern scheinbaren, durch brechende Mittel bedingten, Bilde desselben Gegenstandes verglichen wird, beim Sehen selbst aber, und in der optischen Theorie des Sehens der Vergleich der scheinbaren Größe des Gegenstandes mit seiner wahren ganz und gar unpassend ist, indem alle Größen der Gegenstände, in was immer für einer Entfernung uns diese geboten werden, scheinbare sind. So wird also der größte Umfang der Dinge, so wie er erscheint, wenn diese in einer gewissen Entfernung am deutlichsten gesehen werden, nicht der Physik, aber der Physiologie zum Schaden, mit Unrecht die wahre Größe derselben genannt.

Wollten wir aber die wahre Größe der Netzhaut unmittelbar erkennen, so müßten wir diese so sehen können, wie sie selbst ist, und nicht erst das durch Medien gebrochene Bild derselben. Dieses geschieht in jeder Gesichtsvorstellung, und es ist nichts, was wir sehen, als nur unsere eigene Netzhaut in ihrer räumlichen Ausdehnung, im Zustande der Affection sich selbst leuchtend. Aber es giebt auch subjective Gesichtserscheinungen, in welchen die Retina sich selbst zur sinnlichen Anschauung gebracht wird, ohne die Bilder der äußeren Gegenstände. Es giebt Theile des Auges, welche durch den subjectiven Versuch der Netzhaut sinnlich erscheinen, durch eine unmittelbare, nicht durch brechende Medien vermittelte, Affection der letztern. So erscheinen die Centralgefäße der Netzhaut im subjectiven Versuch auf das Deutlichste in ihren wahren Größen, scheinbar das ganze Gesichtsfeld im Raume einnehmend. Das Adergeflecht der Netzhaut wird zur Anschauung gebracht, wie dieß Steinbuch zuerst gelehrt hat, wenn man in einem geräumigen sonst finstern Zimmer, bei einem in die Ferne gerichteten Blicke, mit einem Kerzenlichte vor den Augen hin und her und im Kreise fährt; wodurch nach und nach über alle Theile der Netzhaut ein schwaches Dämmerlicht

verbreitet wird, mit Ausschluß derjenigen Stellen, welche von den Adern bedeckt sind. Diese als ruhende, von dem Lichte nicht afficirte Theile der Netzhaut erscheinen als ein großes das ganze Gesichtsfeld umfassendes Netz von schwarzen Adern in der größten Deutlichkeit und Bestimmtheit der Grenzen, aber in ihren wahren Größen, welche sich zu ihren scheinbaren, wie sie die anatomische Untersuchung objectiv darlegt, verhalten, wie das subjective Gesichtsfeld der Netzhaut zu ihrer objectiven scheinbaren Größe bei der anatomischen Untersuchung. Nicht allen Individuen ist dieser Versuch zugänglich; aber unter zehn jüngeren Menschen gelingt er neunen. Das Adergeflecht in seiner wahren subjectiven Größe erscheint als Gesichtsphänomen auch leuchtend, wenn man bei einiger Aufregung des Gefäßsystems plötzlich aus dem Hellen ins Dunkle tritt, leuchtend, weil hier der Druck der turgescirenden Adern die bedeckten Theile der Netzhaut leicht zur Lichtempfindung aufregt. Dasselbe leistet manchmal ein plötzlicher etwas starker Druck auf das ganze Auge. Das Gefäßgeflecht der Netzhaut erscheint in diesen subjectiven Versuchen so zusammengesetzt, als es durch Einspritzung in Leichen nicht darstellbar ist. Die Centralgefäße treten im subjectiven Gesichtsfelde seitlich wie Baumstämme aus den Eintrittsstellen der Sehnerven und verbreiten sich in unendlich vielen Verzweigungen und Anastomasen bis zu den Grenzen des Sehfeldes. Die Aeste, wo sie am dicksten sind, haben fast die scheinbare Breite einer Federspule.

Auch die Eintrittsstellen der Sehnerven sind durch subjective Versuche im subjectiven Gesichtsfelde darstellbar; wir verdanken diese schöne Beobachtung dem um die Physiologie der Sinne hochverdienten Purkinje *). Wenn man nach

*) Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne, I. 2te Aufl. Prag, 1823. S. 78.

einer seitlichen Wendung der geschlossenen Augen plötzlich umwendend nach der andern Seite sieht, so erscheinen die Eintrittsstellen der Sehnerven als leuchtende Kreise mit dunklerer Mitte zu den Seiten des subjectiven Gesichtsfeldes in ihren wahren subjectiven Größen, welche sich verhalten zu ihren scheinbaren objectiven durch die Section erkennbaren, wie das subjective Gesichtsfeld der Netzhaut zur scheinbaren Größe der objectiven Netzhaut. Das Objectivwerden der Eintrittsstellen der Sehnerven im Mariottischen Versuch ist bekannt. Es ist früher gezeigt worden, daß durch Druck so gut wie durch das äußere Licht Bilder in der Netzhaut erregt werden können, und daß die Größe dieser Bilder der durch Druck afficirten Stelle der Netzhaut entspricht. Da nun die Bilder, welche durch Druck entstehen, nicht erst wie bei dem äußern Lichte durch Reflexion vermittelt und verändert werden; so muß hier das subjective Bild mit seiner erregenden durch Druck wirkenden Ursache in der wahren Größe durchaus übereinkommen. Es erscheinen die durch Fingerdruck, oder besser vermittelst flacher scharfbegrenzter drückender Scheibchen afficirten Stellen des Auges und namentlich der Netzhaut leuchtend, nicht in der scheinbaren Größe des drückenden Fingers oder Instrumentes, sondern in ihren wahren subjectiven Größen, den wahren objectiven durch das Gesicht nicht erkennbaren Größen der Instrumente entsprechend.

Das Maß alles Maßes, aller scheinbaren Größen der Dinge ist also die sich gleich bleibende wahre Größe des Auges und seiner Netzhaut in der unmittelbaren Anschauung ihrer selbst. Die scheinbaren Größen der Gegenstände erscheinen auf der wahren subjectiven Größe der Netzhaut, und die Summe der scheinbaren Größen aller Gegenstände, welche in einem und demselben Gesichtsfelde vorhanden sind, ist sich in jeder Gesichtsvorstellung gleich bei allem Wechsel der Objecte, sie ist identisch mit

der wahren Größe des Auges, der Netzhaut selbst; denn die subjectiv erscheinende Netzhaut und die Summe der zugleich gebotenen Bilder sind ein und dasselbe, nämlich das subjective Gesichtsfeld. Von dieser subjectiven wahren Größe der Netzhaut oder von dem Gesichtsfelde macht unsere Leiblichkeit, wenn wir uns in unserm eigenen Gesichtsfelde erblicken, bildlich einen Theil aus, indem unser Körper zu einer scheinbaren Größe verkleinert, als etwas Bleibendes, das wir für uns selbst anerkennen, mit andern wechselnden scheinbaren Größen anderer Gegenstände sich verbindet. Die scheinbare Größe unseres Körpers ist also viel kleiner als die wahre Größe der Netzhaut, welche mit dem Gesichtsfeld identisch ist; und die scheinbare Größe des objectiven Auges, als ein kleiner Theil der scheinbaren Größe des objectiven menschlichen Körpers, macht erst den kleinsten Theil in der wahren subjectiven Größe des Auges aus. Darum durfte der Dichter sagen in jenem schönen Räthsel von dem Auge:

Im engsten Raum ist's ausgeführet,
der kleinste Rahmen faßt es ein,
und alle Größe, die dich rühret,
kennst du durch dieses Bild allein.

Ich wiederhohle es: Wir sehen uns selbst in unserer scheinbaren Größe auf der wahren Größe der Netzhaut als einen Theil derselben; und von allen unseren Bewegungen wissen wir durch das Gesicht nicht anders, als in wie fern diese Bewegungen unseres Körpers in scheinbaren Größen sich in unserm subjectiven Gesichtsfelde wiederhohlen. Dasjenige, welches selbst bewegt, selbst fühlt, sehen wir nicht, wir wissen von ihm nur durch seinen Schein in dem subjectiven Gesichtsfelde. Jede unserer Bewegun-

gen, von der wir unmittelbar nur durch das Gefühl wissen, hat auch ein Correlat des Bewegten in dem Bilde unserer scheinbaren Größe auf der wahren Größe des Auges. Was wir thun, es wird zum zweitenmal gethan im subjectiven Gesichtsfelde; wir glauben zu greifen, was wir sehen; aber, indem wir in der That greifen, scheinen wir blos zu greifen im Gesichtsfelde, und umgekehrt werden wir des Dinges habhaft, indem wir den Schein unserer Leiblichkeit den Schein des Dinges im subjectiven Gesichtsfelde habhaft werden lassen. Wir sehen uns selbst bewegt, in der That ist aber alle sichtbare Bewegung nur im subjectiven Gesichtsfelde, welches identisch ist mit der unmittelbaren Anschauung der Retina ihrer selbst.

---

4. Von der scheinbaren Lage der Gesichtsobjecte.

Man hat es nie an Scharfsinn fehlen lassen, um die Nothwendigkeit des Verkehrtsehens auf irgend eine Art zu tilgen. Wir haben schon oben einen Behelf des ungeduldigen, keiner tieferen Einsicht in die Natur des Sinnes fähigen Verstandes kennen gelernt. Die Direction der Lichtstralen empfinden wollen heißt das Sehen durch das Sehen erklären. Auf der andern Seite haben Plagge*) und Andere einen Widerspruch des Geradfühlens mit dem Verkehrtsehen erhoben, und so hat man der Natur und den Bewegungsgesetzen des Lichtes zum Trotz, um jenen scheinbaren Verstandeswiderspruch zu vernichten, eine sogenannte neue Theorie des Sehens erfinden wollen, wodurch die Licht-

---

*) Meckel's Archiv für die Physiologie, B. 1. S. 97.

ſtralen zwiſchen den Objecten und dem Sehorgan in die Verlegenheit kommen, ſich immer fort zu ſpiegeln, ohne jemal zur Empfindung zu kommen. Das Verkehrtſehen iſt aber ein für allemal nothwendig; kann auch gar kein Problem der Auflöſung für die Phyſiologie ſeyn, indem der Sache durchaus kein Abbruch geſchieht, ſo wenig als durch die Sinneserkenntniß der Dinge vermittelſt ſcheinbarer lügenhafter Größen. Uebrigens ſteht das Verkehrtſehen in gar keinem Widerſpruch mit dem Fühlen, vielmehr im vollkommenſten Einklange. Denn, da wir als Fühlende auch in ſcheinbarer Größe auf der wahren Größe unſeres Auges erſcheinen, ſo wird, wie das Gefühlte und Getaſtete, ſo auch das Fühlende und Taſtende unſeres eigenen Körpers verkehrt geſehen. Wer an dem Verkehrtſehen zweifeln kann, muß wohl noch nie ſein Auge um der ſubjectiven Lichterſcheinungen willen gedrückt haben. Aber dieſe ſubjectiven Erſcheinungen ſind auch hier, wie überall in der Sinnesphyſiologie, der alleinige Schlüſſel zur phyſiologiſchen Wahrheit. Wenn es wahr iſt, daß wir vermöge der Refraction die äußeren Dinge in verkehrter Lage ſehen, ſo müſſen wir dann die Dinge in ihrer wahren natürlichen Lage ſehen können, wenn wir ſie durch unmittelbare Berührung, und nicht durch Vermittelung der Refraction in durchſichtigen Medien, ſehen können. Dieſe Gelegenheit bieten jene ſubjectiven Verſuche. Wenn das Auge den ihm von der Seite b nahe gebrachten Finger im ſubjectiven Bilde auf der entgegengeſetzten Seite a ſieht, ſo erſcheint der auf derſelben Seite b das Auge drückende Finger im leuchtenden Druckbilde nicht verkehrt, wie er als objectives Geſichtsbild dem Auge erſchien, ſondern vielmehr auf der Seite b. Der unten drückende Finger wird verkehrt oben geſehen, ſein Druckbild erſcheint aber unten. Eben ſo läßt ſich in dem ſubjectiven Verſuch, welcher die Aderfigur des Auges zur Anſchauung bringt, durch abwechſelndes Schließen der Augen leicht ermitteln, daß, im Ge-

gensatz der objectiven Gesichtserscheinungen, welche durch Refraction vermittelt werden, die Eintrittsstelle des rechten Sehnerven auf der linken Seite des gemeinsamen subjectiven Gesichtsfeldes erscheint, und umgekehrt. Hier ist ein Widerspruch der objectiven und subjectiven Gesichtserscheinungen, welcher keine Gesichtstäuschung, sondern eine der schönsten und fruchtbarsten Gesichtswahrheiten ist. Wenn nun das Verkehrtsehen in keinem Widerspruch mit dem Fühlen ist, wie kann man von den von Jugend auf Staarblinden, welche durch die Operation sehend geworden, verlangen, daß sie unmittelbar nach der Operation sich ihres Verkehrtsehens bewußt seyn sollen. In keinem beglaubigten, genau mitgetheilten Falle war dieser Widerspruch dem Genesenen offenbar, so wenig er jedem überhaupt bemerkbar seyn kann. Nur in dem von Leidenfrost höchst mangelhaft mitgetheilten und jedem ruhigen und kritischen Beobachter unbrauchbaren Falle ist von einem bewußten Verkehrtsehen die Rede. Man hat aber nirgend mehr Ursache als in der Physiologie der Sinne, vor der Selbstprüfung gegen leichtfertige und ohne gründliche Vorbereitung leidenschaftlich angestellte Beobachtungen, wie sie in dem Material der Physiologie des Sehens gang und gebe sind, mistrauisch zu seyn.

Nachdem wir nun die Vermittelung des Subjectes und Objectes durch den Gesichtssinn einer gründlichen Untersuchung unterworfen haben, hätten wir wohl das Recht, die von Cheselden und Grant an von Jugend auf erblindeten und später durch die Operation geheilten Knaben gemachten Beobachtungen mitzutheilen, um zu zeigen, wie dasjenige, was uns in der Erziehung des Gesichtssinnes so unmerklich sich verändert, daß uns Erwachsenen sein Ursprung unbegreiflich scheint, in jenen merkwürdigen Fällen als erste Jugend des Gesichtssinnes erscheint, die wir auf einem wissenschaftlichen Wege zu ergründen gesucht haben.

Wir dürfen auch wohl gestehen, daß jene kostbaren Berichte in den physiologischen Büchern meist nur, wie es scheint, des Erstaunens wegen sind abgedruckt worden. Denn von den optischen Constructionen des Sehens, welche voraus geschickt werden, ohne daß ihnen ein physiologischer Inhalt folge, läßt sich kein Zusammenhang, keine Verbindung mit den wunderbaren Erscheinungen entdecken, welchen die genesenen Staarblinden fast unterliegen. Wenn wir nun aber auch jene Urkunden als eine schöne Bestätigung unserer Untersuchungen ansehen, so können wir sie doch hier um so füglicher übergehen, da wir zu einer gültigen Ueberzeugung auf einem andern Wege gelangt sind, zumal da jene Berichte schon in Aller Händen sind.

III.

Von der

subjectiven Identität

und

Differenz der Gesichtsfelder

bei dem Menschen und den Thieren.

1) Von der subjectiven Einheit der Gesichtsfelder bei dem Menschen.

2) Von dem organischen Grund der subjectiven Einheit der Gesichtsfelder.

3) Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma der Sehnerven bei dem Menschen.

4) Von der subjectiven Identität und Differenz der Gesichtsfelder bei den Thieren.

5) Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma und der Kreuzung der Sehnerven bei den Thieren.

6) Uebersicht der Metamorphosen des Gesichtsorganes in der Thierwelt in physiologischer Beziehung.

7) Vergleichende Tabelle über den Unterschied der Divergenz der Augen bei den Wirbelthieren.

8) Von der Desorganisation der identischen und differenten Theile der Sehsinnsubstanz bei dem Menschen und den Thieren.

9) Von der monströsen Monophthalmie, oder der organischen Vereinigung der identischen Theile der Sehsinnsubstanz.

1) Von der subjectiven Einheit der Gesichtsfelder bei dem Menschen.

Einheit des Ortes.

Es ist ein Zeichen schlechter Selbstbeobachtung, wenn Gall und Andere behaupteten, daß wir wechselsweise immer nur mit einem Auge sähen. Wer an der gleichzeitigen Thätigkeit beider Augen während dem Sehen zweifeln kann, hat nie die so häufig in demselben Gesichtsfelde vorkommenden Doppelbilder der Gegenstände beobachtet. Mit der Widerlegung der Gall'schen Gründe wollen wir uns nicht aufhalten, weil wir eine von Rudolphi zur Genüge geleistete Arbeit nur wiederhohlen könnten. Es kömmt uns aber hier zu, die Thatsachen des einfachen und doppelten Sehens bei dem Menschen aus Momenten der subjectiven Gesichtswelt gemäß unserm bisherigen Gange zu entwickeln.

Wenn man in dem Auge Lichtempfindung aufruft, indem man eine bestimmte Stelle des Auges und so mit der Netzhaut mit dem Finger drückt, so entsteht der der Druckstelle entsprechende feurige Kreis scheinbar an der entgegengesetzten Seite des Gesichtsfeldes. Fährt man peripherisch fortschreitend mit dem Drucke fort, so entsteht auch eine peripherische Reihe feuriger Kreise in dem Sehfelde, immer scheinbar an den entgegengesetzten Seiten des

Druckes, in den wahren Größen der afficirten Stellen der Netzhaut. Geschieht der Fingerdruck bei geschlossenen Augen auf den äußeren Seiten beider Augen, so erscheinen die beiden feurigen Kreise an den äußersten seitlichen Grenzen des verdunkelten Gesichtsfeldes, so daß die äußere Druckstelle des rechten Auges ihren Feuerkreis auf der äußern linken Seite, die äußere linke Druckstelle ihren Feuerkreis auf der äußern rechten Seite des subjectiven Sehfeldes hat. Geschieht der Druck an den inneren Seiten beider Augen, so liegen die feurigen Kreise wieder an den Extremen des Sehfeldes, so daß die innere Druckstelle des linken Auges ihren Kreis auf der äußern linken Seite, die innere Druckstelle des rechten Auges ihren Lichtkreis auf der äußern rechten Seite des subjectiven Sehfeldes entwickelt.

Weil uns die Anschauung des Oertlichen in diesen subjectiven Erscheinungen von großer Wichtigkeit ist, so mögen wir uns dieselbe in einer Zeichnung erleichtern.

In der 16. Figur der ersten Tafel entsprechen die beiden inneren Kreise der Peripherie beider Augen, auf welche der Druck geschieht, der größere jene umfassende Kreis entspreche dem subjectiven gemeinsamen Sehfelde, dessen Beziehungen zu den beiden Augen in Hinsicht des Ortes wir erörtern wollen. Geschieht nun der Druck in c und d, so erscheinen die Lichtkreise für c in y, für d in x des subjectiven Sehfeldes. Geschieht der Druck in a und b an der innern Seite, so erscheinen die Lichtkreise an denselben Stellen wie im vorigen Versuch, und zwar für a in x, für b in y. Es ist also gleichgültig, ob man die äußere Seite des einen oder die innere des andern Auges drücke, die Druckfiguren erscheinen an derselben Stelle des Sehfeldes, für a und d der verschiedenen Augen an einer und derselben subjectiven Stelle x, für c und b beider Augen an einer und derselben Stelle y. Ist daher die Druckstelle d mit ihrer Druckfigur x bleibend, die Druckstelle des andern

Auges aber von c nach a beweglich in der Peripherie des Auges nach oben, so bewegen sich, wie die Druckstelle den obern Bogen von c nach a beschreibt, die Druckfiguren in entgegengesetzter Richtung in dem untern Bogen des Sehfeldes von y nach x, bis endlich, nachdem die Druckstelle nach dieser Kreisbewegung in a ist, die Druckfigur von a mit der Druckfigur von d, welche unbeweglich war, zusammenfällt. Mit einem Worte: in beiden Augen entsprechen sich bestimmte Stellen, die, wenn sie gedrückt werden, nur eine und dieselbe Druckfigur, an demselben Orte des subjectiven Sehfeldes gelegen, bieten. Außerhalb diesen Stellen, welche wir forthin identische nennen wollen, erscheinen, wenn beide Augen afficirt werden, örtlich verschiedene Bilder, deren Entfernung im subjectiven Sehfelde um so weiter ist, je größer in einem Auge die Entfernung der Druckstelle von derjenigen Stelle, mit welcher die Druckstelle des andern Auges identisch ist.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, daß die Netzhäute beider Augen vollkommen identisch sind, nur ein und dasselbe subjective Sehorgan bildend; und zwar alle Theile, in einem gewissen Meridian und in bestimmter Entfernung vom Mittelpuncte des Auges entfernt, sind identisch mit denjenigen Theilen der Netzhaut des andern Auges, welche in demselben Meridian und derselben Entfernung vom Mittelpuncte der Netzhaut gelegen sind. Das Aeußere des einen Auges ist identisch mit dem Innern des andern, das Aeußere des einen Auges im subjectiven Sehfelde örtlich von dem Aeußern des andern Auges different, und zwar um so viel verschieden, als das Aeußere und Innere desselben Auges örtlich verschieden sind. Identische Stellen beider Augen im Zustande der Affection haben eine und dieselbe

Lichterscheinung, differente Stellen im Zustande des Affectes sind auch örtlich in der Lichtempfindung verschieden. Es verhält sich mit den differenten Stellen beider Augen ganz so, als wirke der Affect nur auf verschiedene Stellen eines und desselben Sehorganes.

Diese Identität der Affection bleibt sich gleich, welche Stellung die Augen auch gegeneinander haben mögen. So, wenn bei geschlossenen Augen im subjectiven Sehfelde Nachbilder und Blendungsbilder haften, welche, da die afficirten Stellen identisch sind, auch nur einfach gesehen werden können, werden diese nicht zu Doppelbildern, man mag die Augen in jeder beliebigen Convergenz der Achsen bewegen.

Wenn das Vorgetragene wahr ist, wie es denn als solches durch die Erfahrung sich aufdringt, so muß, da die Eintrittsstellen der Sehnerven in beiden Augen innerlich gelegen sind, und das Aeußere des einen Auges nur mit dem Innern des andern identisch, gegen alles Andere aber different ist, die Affection der Eintrittsstellen des Sehnerven in beiden Augen auch im subjectiven Sehfelde örtlich verschiedene Lichtfiguren bieten. Denn wenn in Fig. 16. der ersten Tafel e und f die Eintrittsstellen der Sehnerven, so ist f wohl mit g aber nicht mit e identisch. Wenn also e und f, die Eintrittsstellen der Sehnerven, in beiden Augen afficirt werden, so ist dies eben so viel, als ob in einem und demselben Auge g und e, oder f und h afficirt werden. Die Lichtfiguren der Eintrittsstellen werden also in e und f erscheinen, im subjectiven Sehfelde um die wahre Größe von g e örtlich verschieden. Ich habe schon oben erwähnt, auf welche Weise die Eintrittsstellen der Sehnerven durch den subjectiven Versuch zur sinnlichen Anschauung gebracht werden können. Im Zustande der Affection erscheinen diese Theile der Netzhaut als feurige Kreise mit dunklerem mittlerem Felde zu beiden Seiten der identischen, subjectiv verei-

nigten, Mittelpuncte beider Augen. Unter allen Bewegungen der Augen ist ihre Entfernung eine gleichbleibende, in der Identität und Differenz der Netzhäute gegründete.

Die subjective Erscheinung der Aderfigur, welche früher beschrieben worden ist, wird uns auch hier eine unantastbare Gesichtswahrheit. Kennen wir einmal die feurigen Kreise der Eintrittsstellen, so werden wir die letzteren sogleich auch in der Aderfigur wieder erkennen. Die beiden seitlichen Stellen der Aderfigur, aus welchen die Stämme des Adergewebes entspringen, sind in den Eintrittsstellen der Sehnerven; sie haben in der Aderfigur dieselbe Entfernung im subjectiven Sehfelde, als jene feurigen Kreise, in welchen sie leuchtend zur Anschauung kommen. Auch liegen die Aderfiguren beider Augen im Sehfelde in einander, nach Maßgabe der identischen Stellen beider Augen, welche von den Gefäßgeflechten verschieden durchzogen sind. Bald ist die Aderfigur des einen, bald die des andern Auges mehr sichtbar; oft verschwindet die eine, ohne daß die andere unterbrochen wird, ganz so, als ob ein tiefer liegendes Gewebe im Sehfelde vor unseren Augen weggezogen würde.

Die Anwendung auf die objectiven Gesichtserscheinungen ergiebt sich nun von selbst. Haben die Augen eine solche Stellung gegen das leuchtende Object, welche mit der Convergenz der Augenachsen im Objecte gegeben ist, daß gleiche Bilder desselben Objectes auf identische Theile der Netzhäute fallen, so kann das Object nur einfach gesehen werden; in jedem andern Falle aber werden Doppelbilder gesehen. Die Gesetze dieser Erscheinungen gedenken wir später in einem besondern Buche zu verfolgen.

Man hat gegen die bleibende Identität der beiden Netzhäute fragend eingewendet, warum das Doppeltsehen im Schwindel, in der Trunkenheit und in nervösen Krankheiten entstehe, wo doch die harmonischen Bewe-

gungen beider Augen nicht aufgehoben seyen. Treviranus. Dieser Einwurf widerlegt sich aus der Voraussetzung. Wenn Doppelbilder gesehen werden müssen, wo immer die Sehachsen in dem Objecte der Fixation sich nicht kreuzen, so ist das Doppeltsehen in keinen Zuständen natürlicher und nothwendiger als im Schwindel, in der Trunkenheit, in den Nervenfiebern. Die Bewegungen der Augen können in diesen Zuständen immer noch harmonisch seyn; denn diese harmonischen Bewegungen in der Breite sind etwas von der beweglichen Convergenz der Sehachsen für verschiedene Fernen ganz Verschiedenes. Es ist auch nicht der Fall, was Treviranus und Steinbuch und vor ihnen Andere behauptet haben, daß die Identität der Sehfelder eine erzogene sey, und daß, wenn im Anfange des Schielens Doppeltsehen statt finde, sich später nach Maßgabe der verkehrten Stellung der Augen eine neue, von der früheren verschiedene Identität der Netzhäute bilde, wodurch ungeachtet des Schielens das Einfachsehen hergestellt werde. Das Schielen in Hinsicht seiner objectiven Merkmale ist immer ein relatives. Die Stellung unserer Augen behufs der Convergenz der Achsen im Objecte der Fixation für einen nahen Gegenstand ist schielend in Beziehung auf die Stellung der Augen für einen fernen Gegenstand. Wenn nun bei jeder auch krankhaft schielenden convergirenden Stellung der Augen, der Convergenzpunct der Achsen irgend eine Sehweite trifft, in welcher die Gegenstände nach dem frühern Verhältniß der Identität einfach erscheinen, welche sind die Gründe, die dieses Verhältniß der Identität und des Einfachsehens in einer bestimmten Ferne aufheben, um ein anderes verschiedenes zu setzen? Ich kenne keine gültigen. Auch haben die Untersuchungen von Reid *),

*) Inquiry into the human mind. p. 257.

Buffon*) und Fischer**) gelehrt, womit meine eigenen an vielen Schielenden gemachten Beobachtungen vollkommen übereinstimmen, daß, so lange das Schielen auch dauere, das ursprüngliche Verhältniß der Identität der Netzhäute nicht aufgehoben wird, daß mit dem Schielen in der Regel ein auffallender prespyopischer oder myopischer Zustand des einen Auges verbunden ist, und daß das schielende Auge beim Sehen ganz unthätig ist, wenn es nicht allein sieht ohne Begleitung des gesunden Auges; wodurch das Doppeltsehen eher vermieden als aufgehoben wird. Die Schielenden wissen aber in der Regel nicht einmal, ob sie mit einem oder beiden Augen sehen, wie jener Amaurotische, welcher der Amaurose des einen Auges erst gewärtig wurde, als er zufällig einmal das andere schloß. Die Möglichkeit einer solchen ausschließlichen Thätigkeit nur des einen Auges läßt sich im Zustande vollkommener Gesundheit schon nachweisen. Nämlich im Zustande des willkührlichen Doppeltsehens, bei einer verkehrten Stellung der Augen, läßt sich mit Willkühr eines der Doppelbilder bei bleibender verkehrter Stellung der Sehachsen unterdrücken und wieder aufrufen, je nachdem das Doppelbild mehr auf den seitlichen Theil oder in die Mitte des Sehfeldes fällt, wovon wir in der Theorie des natürlichen Doppeltsehens ausführlicher zu handeln gedenken. Auf gleiche Weise vermögen wir eines der Doppelbilder zu unterdrücken, welche uns entstehen, wenn wir denselben Gegenstand mit dem einen

---

*) Mem. de l'Ac. de Par. 1743, p. 329. Vergl. Priestley's Geschichte der Optik, Leipz. 1776. S. 468.

**) J. N. Fischer, Theorie des Schielens, veranlaßt durch einen Aufsatz des Gr. Buffon. Ingolstadt 1781. »Wenn man ihm das gute Auge verdecket, so wendet er das schielende dem Gegenstande, dessen er ansichtig werden will, gerade entgegen.« Ebend. S. 71.

Auge durch eine Linse, mit dem andern Auge frei und unvermittelt ansehen.

Anmerkung.

Purkinje hat eine Methode angegeben, um sich von der wechselseitigen Deckung der Gesichtsfelder zu überzeugen, die zum Theil auf einem Irrthume beruht und berichtigt werden muß.

»Man trage die Distanz beider Pupillen seiner Augen auf ein Blatt Kartenpapier, und mache an den bezeichneten Stellen zwei Oeffnungen. Wird nun das Blatt knapp an die Augen gehalten, und man sieht vor sich ins Weite mit jedem Auge durch die ihm entsprechende Oeffnung, so fallen beide Oeffnungen in eine zusammen. Dasselbe geschieht, wenn man statt der Oeffnungen zwei schwarze Punkte macht. Diese Punkte entsprechen den Mittelpunkten der Gesichtssphähren jedes Auges. Obgleich auf drittehalb Zolle von einander entfernt, fallen sie in Einen zusammen, also auch die Gesichtsfelder.« a. a. O. S. 145. Purkinje hat hier übersehen, daß, da die beiden Puncte selbst nicht von beiden Augen zugleich fixirt werden können, vielmehr durch die Oeffnungen ein ferner gemeinsamer Punct fixirt wird, diese Oeffnungen beider Augen doppelt erscheinen müssen, und auch in der That doppelt erscheinen. Entspricht daher die Entfernung der Oeffnungen oder Puncte nicht ganz der Entfernung der Pupillen, so sieht man statt der zwei Puncte vielmehr vier, wovon die mittleren sich um so näher liegen, je richtiger die Entfernung derselben gemäß der Entfernung der Pupillen ist. Wird endlich durch beide objective Oeffnungen ein einzelner ferner Gegenstand mit beiden Augen fixirt, so müssen die mittleren Doppelbilder sich endlich

ganz vereinigen, scheinbar eine Oeffnung darstellend, weil diese in den Sehachsen liegen. Die beiden äußeren Doppelbilder bleiben aber, und sind von Purkinje übersehen worden, weil sie sehr zu den Seiten des Gesichtsfeldes liegen und nur deutlich gesehen werden, wenn die vorgehaltene Karte recht breit ist. Es erscheinen also nach Maßgabe der Fixation in diesem Versuch statt der zwei objectiven Oeffnungen oder Puncte, entweder vier oder drei, nie aber nur eine; und dieser Versuch beweist zwar die Identität der Gesichtsfelder im Allgemeinen, aber auch die relative Differenz einzelner Theile der Netzhäute, wodurch in dem Zusammenwirken beider Augen durch die einfache objective Bestimmung an differenten Stellen Doppelbilder gesetzt werden.

Auf denselben Irrthum wird aber sofort S. 146 der Beweis gegründet, daß bei den Thieren mit divergirenden Sehachsen auch Identität der Sehfelder statt finde; und es ist übersehen, daß, wenn bei divergirenden Augen das Verhältniß der Identität wie beim Menschen ist, kein Gesichtseindruck ohne Doppelbilder seyn kann. In Purkinje's vortrefflichen Untersuchungen des subjectiven Sehens ist der Abschnitt über die Einheit beider Gesichtsfelder und das Doppeltsehen vielleicht der einzige, welcher einer durchgängigen Reform bedarf.

Unterschied des Eindruckes.

Ist uns nun auf diese Art die Identität der beiden Netzhäute in Hinsicht des Ortes im subjectiven Gesichtsfelde unbezweifelbar, so werden wir sobald auf eine tiefer

liegende Differenz auch der in Hinsicht des Ortes identischen Stellen beider Netzhäute hingewiesen, nämlich in der Qualität des Eindruckes.

Wenn das eine Auge von Blau und Gelb zugleich beleuchtet wird, oder wenn das Auge von denjenigen Principien erregt wird, welche einzeln in ihm diese Affection in der Empfindung des Blauen und Gelben erscheinen lassen, so sieht das Auge Grün, und eben so durch den gleichzeitigen Eindruck des Blauen und Rothen auf denselben Stellen violett, durch den simultanen Eindruck von Roth und Gelb, die Mittelfarbe Orange. Wenn aber die beiden Augen von verschiedenem Licht beleuchtet werden, wenn sie durch verschieden gefärbte Gläser sehen, so ist bei aller Identität der Gesichtsfelder in Hinsicht des Ortes die Empfindung nicht etwa die der Mittelfarbe, des Grünen, des Violetten, des Orangenen, sondern immer nur abwechselnd in den elementarischen, die Augen verschieden beleuchtenden, Farben, bald Blau, bald Gelb u. s. w. Nur das Dunkle und Helle der beiden Farben gleicht sich zu einem mittlern Eindrucke aus, so daß das gemeinsame Gesichtsfeld, bald gelb, bald blau, weder so hell ist, als wenn das eine Auge bei geschlossenem anderem nur durch gelb gefärbtes Glas sieht, noch so dunkel, als wenn der Eindruck des Blauen blos gestattet ist. Du Tour hat diese Versuche mit gefärbten Gläsern zuerst angestellt; sie sind später häufig wiederhohlt worden; ich habe sie mit vielen Arten gefärbter Gläser sehr häufig, so wohl an mir als an Anderen gemacht, und immer dieselben nie zweideutigen Resultate erhalten; so daß ich, wenn Janin, mit den verschiedenen Augen durch blaues und gelbes Glas sehend, Grün empfunden haben will, was Andere nachgeredet haben, diese Erfahrung nur für ersonnen halten kann *).

*) Vergl. Rudolphi, Grundriß der Physiologie, Berlin, 1823. II. 1. S. 231.

Es ist ein Gleiches mit dem Eindrucke verschiedener objectiver Bilder auf identischen Theilen der Netzhaut. Wenn man, bei verkehrter Stellung der Augen gegen ein buntes objectives Gesichtsfeld, verschieden gefärbte Felder durch Uebereinanderrücken der Doppelbilder auf indentischen Theilen der Netzhäute im subjectiven Sehfelde örtlich vereint zur Anschauung bringt, so gleichen sich diese Farben auf identischen Theilen der Netzhaut nicht zu einem mittlern Eindrucke aus, sondern es wird eine Farbe aus der andern ohne Vermischung gesehen, bald hebt sich das Gelbe des einen, bald das Blaue des andern Auges an einem und demselben Orte des subjectiven Sehfeldes; nun ist das blaue Feld unterbrochen und von dem gelben ergänzt; das eine wird abwechselnd von dem andern absorbirt; sie erscheinen theilweise und ganz wechselseitig. Nie aber gleichen sie sich zu einem mittlern Eindrucke des Grünen aus Blau und Gelb, des Violetten aus Roth und Blau, des Orangenen aus Roth und Gelb aus; und da, wo die Felder über einander wegtreten, haben sie nur verwischte, getrübte, zerrissene Ränder, nicht aber vermischte Farben. Nur gleicht sich auch hier das Dunkle und Helle verschiedener Farben auf identischen Stellen beider Augen zu einem gemeinsamen Eindrucke mittlerer Helligkeit aus.

Die Netzhäute beider Augen sind also subjectiv indentisch in Hinsicht des Ortes, different aber in Hinsicht der Qualität des Eindruckes auf den in Hinsicht des Ortes indentischen Stellen.

Anmerkung.

Warum aber bald das Blaue, bald das Gelbe, eines das andere verdrängend, in dem gemeinsamen Gesichtsfelde auftaucht, das scheint von dem Wechsel der beiden Pupillen abzuhängen. Das Helle und das Schattige, welche

den beiden farbigen Lichtern verschieden inwohnen, wirken in den beiden Augen auch verschieden auf die Contraction und Expansion der Iris. Da nun aus Gründen, welche hier nicht zu erörtern sind, die Regenbogenhäute beider Augen sich in einem Zustand gleicher Contraction und Expansion zu erhalten streben, so muß, da der Reiz auf beiden Augen fortdauernd verschieden ist, die Pupille in einem dauernden Wechsel der Contraction und Expansion schwanken, was noch vermehrt wird durch das Schwanken der Sehweite in verschiedenen Fernen. Bei einer größern Oeffnung der Pupille ist das Auge empfänglicher für die dunklere Farbe, bei kleiner Pupille waltet die hellere Farbe vor. Da fast nie gleiches Licht die Augen beleuchtet, so ist offenbar, warum die Iris auch beim natürlichen Sehen in einem fortdaurenden Wechsel der Contraction und Expansion, in den sogenannten Undulationen begriffen seyn muß. Nicht aber schwankt die Pupille, wie Blumenbach und Himly angeben, weil das Licht Contraction, diese aber wieder Licht, also Expansion, fordert; denn dieser Wechsel müßte bald zur Ruhe kommen. Aus demselben Grunde, was wir beiläufig erwähnen wollen, ist die Pupille des einen geöffneten Auges immer größer als die Pupille der beiden geöffneten Augen. Dem geschlossenen Auge kömmt die größte Pupille zu. Da aber die beiden Augen unter den verschiedensten Einflüssen einen gleichen Zustand der Pupille zu erhalten streben, so muß die Pupille des einen geöffneten Auges erweitert seyn durch den Mangel des Reizes auf das andere geschlossene. Dahin gehört auch das in der Amaurose häufig beobachtete Phänomen, dessen Erklärung sehr entlegen schien, daß nämlich bei gleichzeitig geöffneten Augen die Pupille des amaurotischen Auges weit und unbeweglich ist, bei geschlossenem gesundem Auge aber die vorher scheinbar ge-

lähmte Iris des amaurotischen Auges sich zur Bildung einer sehr weiten Pupille contrahirt. Denn das des Lichtreizes ganz ermangelnde Auge, in der Bewegung der Pupille also nicht durch das ihm selbst zufließende Licht bestimmbar, gehorcht in dieser Beziehung dem Lichtreize auf das gesunde Auge. Aus diesem Grunde wirkt die Blendung des gesunden Auges in beiden Augen ein enge, keiner Undulationen fähige, Pupille; die Anschauung der Dunkelheit aber in dem geschlossenen gesunden Auge läßt in dem amaurotischen Auge eine weitgeöffnete Pupille zu.

Warum unter verschieden gefärbten im Doppeltsehen sich deckenden Bildern, abwechselnd immer nur die eine der Farben sichtbar ist, hat seinen Grund nicht so sehr in den Undulationen der Iris. Dieses mögen wir aber füglicher aus einander setzen, wenn wir eine Monographie des natürlichen Doppeltsehens zu geben im Stande sind.

---

2. Von dem organischen Grunde der subjectiven Identität des Ortes in der Affection verschiedener Nervengebilde.

Räumlichkeit der Gefühlsobjecte und Räumlichkeit des empfindenden Nerven.

Es ist Resultat der feineren Anatomie der Hirn- und Rückenmarksnerven, daß diese aus einer Menge neben einander liegender durch Zellstoff verbundener Markbündel bestehen, die zum Theil große Strecken getrennt von ein-

ander verlaufen, häufig aber auch durch unmittelbare Contiguität ihrer Substanz verbunden sind. Daß die in den Markbündeln enthaltenen feinen Markfasern sich auf gleiche Weise verhalten, nicht so sehr parallel immer getrennt verlaufen, sondern wie die Markbündel überhaupt an einzelnen Stellen Verbindungen und Schlingen eingehen, wird auch angenommen *). Indessen ist die Vertheilung der Markbündel in den peripherischen Theilen des Körpers doch so, daß die von dem Stamme abgehenden Nervenzweige als Markbündel schon im Stamme des Nervens vorgebildet sind, und auch die feineren Vertheilungen dieser Nervenzweige in die letzten Endigungen sind in dem größern Zweige schon in der Anlage vorhanden. So sind also alle Verzweigungen schon im Nervenstamme selbst vorgebildet. Eine physiologische Thatsache, die wir sogleich erheben werden, wird beweisen, daß die Affection einzelner dieser Verzweigungen zugleich Affection einzelner Faserungen oder Markbündel des Nervenstammes sey. Wir haben es als einen in die Physiologie des Nervensystems tief einführenden Erfahrungssatz aufzustellen, daß, welche zufällige relative Lage auch die einzelnen Verzweigungen des Stammes durch die veränderte Lage des Gliedes haben mögen, die Gefühlsperceptionen dieser Verzweigungen keineswegs zur Vorstellung des Räumlichen so verbunden werden, wie die relative Lage der Zweige durch die veränderte Lage der das Glied constituirenden Theile war, sondern daß, wie unnatürlich und ungewöhnlich auch die Relation der Gliedertheile und der in ihnen enthaltenen Verzweigungen ist, die einzelnen Gefühlsperceptionen doch in der Vorstellung des Räumlichen verbunden werden ge-

*) Reil de structura nervorum. Halae Saxonum 1796. fol. p. 11, 17. tab. III.

mäß der räumlichen Relation der in dem Stamme vorgebildeten Theile der peripherischen Verzweigungen. Eine anschauliche Darstellung soll uns das Verständniß erleichtern.

Wenn in Fig. 1. Taf. 1. a, b und o die peripherischen Endigungen des Nervenstammes oder der Nervenäste sind, und als solche durch Berührung der Glieder, wie etwa der Finger, Gefühlsaffectionen haben, so ist die räumliche Relation der Tastobjecte für die Vorstellung in der Aufeinanderfolge von a, b, o und zwar nicht allein, weil die die Affection bedingenden Objecte auch diese räumliche Folge haben, sondern weil die Lage der Faserungen in den Stammnerven, nämlich e f g = a b o, oder gleich der wirklichen räumlichen Relation der äußeren Tastgegenstände ist.

Kreuzen sich aber die peripherischen Zweige des Nervenstammes oder der Hauptnerven Taf. 1., Fig. 2., wie etwa durch eine verschiedene Opposition der Glieder, welche von einem und demselben Geflechte Nervenzweige erhalten, z. B. durch Kreuzung der Finger über einander, und werden diese peripherischen sich kreuzenden Zweige durch Tastobjecte afficirt, so ist die räumliche Relation der Tastobjecte in der Vorstellung nicht etwa, wie die der berührenden afficirten Zweige b, a, o Fig. 2., sondern nur wieder wie die der ursprünglichen Fasern in den Nerven, von welchen die peripherischen Zweige ausgehen, also nicht b a o, sondern e f g oder a b o.

So wenn in Fig. 1. a die äußeren Nerven des Zeigefingers, b die inneren Nerven des Mittelfingers (als Zweige des N. medianus und N. radialis), und wenn zwischen der innern Seite des Mittelfingers und der äußern des Zeigefingers eine Kugel rotirend gedacht wird, so wird die Gefühlsvorstellung einer Kugel dadurch vermittelt, daß die Gefühlseindrücke zweier converen Abschnitte beym Rollen der Kugel immer dieselben bleiben und daß diese Wie-

derhohlung des Eindruckes durch das Urtheil zur Vorstellung einer Kugel ergänzt wird. Wenn nun, statt der natürlichen Lage, der Zeige- und Mittelfinger sich über einander kreuzen, so daß in Fig. 2. b die äußere Seite des Mittelfingers, a die innere Seite des Zeigefingers sey, so haben auch die peripherischen Nerven dieser Theile (Zweige des N. ulnaris, N. medianus und N. radialis) eine Kreuzung erlitten, obgleich die Fortsetzung dieser Nervenzweige in den Hauptnerven in der Lage nicht verändert werden kann. Rollt zwischen den sich kreuzenden Fingern nunmehr die Kugel, so ist die Relation der Tastobjecte (als Eindrücke zweier convexen Abschnitte) in der Vorstellung nicht die der sich kreuzenden Fasern von b, a, sondern wie die räumliche Relation der Markbündel vor der Kreuzung, also e f, oder a b, das ist, der objectiven Natur des Körpers gerade widersprechend. Man scheint unter diesen Umständen einen äußern seitlichen Kugelabschnitt einer innern, und einen innern seitlichen einer äußern Kugel, und somit zwei Kugeln zu fühlen.

Dieser Versuch ist immer bekannt gewesen; aber misverstanden und falsch erklärt worden. Wir wir ihn jetzt betrachtet haben, ist er nicht mehr eine Gefühlstäuschung, sondern eine für die Physiologie wichtige Gefühlswahrheit, welche uns erst recht in die Physiologie der Sinnesnerven einzuführen scheint.

Einheit der Empfindung in zwei Organen — Theilung der Nerven in identische Zweige.

Bei einer solchen Vertheilung der Markbündel der Nerven, daß die Nerven einzelner Glieder des Tastorganes nicht als Aeste eines und desselben in sich gleichen Stammes entspringen, sondern als Markbündel schon in dem

Stamme vorgebildet sind, können die Gefühlseindrücke auf die Nerven verschiedener Zweige des Tastorganes nicht identificirt werden, wie dies in den Zweigen eines und desselben Gesichtsorganes, nämlich den Augen geschieht.

Wenn aber die doppelten peripherischen Enden einer und derselben Nervenmasse ihre Gesichtsobjecte in einem und demselben subjectiven Raume anschauen, so daß verschiedene Theile des einen Zweiges verschiedenen Theilen des andern Zweiges eines und desselben Organes identisch sind, und gleichwohl andere Theile beider Zweige, sich in dieser Beziehung ausschließend, different sind, so muß die Verzweigung der Nervenmasse in identische Arme auch zugleich eine Verzweigung der sie begründenden Fasern in identische Faserzweige in jenen Gliedern eines und desselben Organes seyn. D. h. jede Nervenfaser c. Fig. 4. der Sinnsubstanz, welche sich in identische Arme (Augen) theilt, verzweigt sich in die identischen Fasern a und b, für die beiden Glieder eines und desselben Organes, welche Theilung aber nicht schon in der Mutterfaser vorgebildet ist, wie etwa in Fig. 5. In der Faserung Fig. 5. sind Affectionen der Zweige a und b auch zugleich getrennte Affectionen von c und d. In der Faserung Fig. 4. aber sind die Eindrücke auf die Zweige a und b nur eine und dieselbe Affection der Faser c. Werden also in Fig. 4. a und b von einem und demselben Eindrucke afficirt, so ist, inwiefern c mit dem sensorium commune verbunden ist, die Empfindung subjectiv eins. Sind aber die Eindrücke von der äußern Natur her auf die beiden Glieder a und b eines und desselben mütterlichen Zweiges c verschieden, wie etwa blau und gelb, so ist die Empfindung auch örtlich subjectiv eins, aber blau und gelb einander durchscheinend, eines in dem andern, oder abwechselnd.

Wir haben uns aber c nur als eine einzelne Faser in dem mütterlichen Stamme zweier identischer Glieder ge-

dacht. In so fern also der Mutterstamm aus einer Menge differenter Faserungen c besteht, werden sich auch alle diese Fasern für die Glieder dieses einen Stammes in die identischen Zweige a und b theilen müssen, Fig. 6. So sind nun in Fig. 6. die Fasern des Zweiges a, nämlich 1, 2, 3, 4 unter sich different, eben so dieselben des Zweiges b; aber, so wie a und b in c identisch sind, so ist die Faser 1 von a mit der Faser 1 von b durch ihre Vereinigung in 1 c identisch, ebenso 2 von a mit 2b

3 — a — 3b

4 — a — 4b.

Dieses scheint der organische Grund, warum die Gesichtsfelder zweier Augen in dem, was diese Augen verbindet, subjectiv eins sind, warum einzelne Theile des einen Gesichtsfeldes nur mit einzelnen Theilen des andern subjectiv eins, weil einzelne Theile des einen Gliedes der Sinnsubstanz eins mit einzelnen Theilen des andern Gliedes.

Aus physiologischen Gründen muß diese Organisation im Chiasma des Menschen statt finden, wenn auch die anatomische Bildung des Chiasma bisher nicht hat genau ermittelt werden können. Mag also der Begriff des Chiasma aus anatomischen Merkmalen noch nicht genau gekannt seyn, aus physiologischen scheint er uns zu bestimmen. Durch diese Art der Betrachtung darf die Physiologie der Anatomie sogar vorauseilen. Soviel von dem Chiasma nur vorläufig; von seinen Wurzeln und von seiner aus andern physiologischen Gründen wahrscheinlichen innern Bildung im nächsten Abschnitt. Sey es uns hier aber erlaubt, eine vierfache Verschlingung der Fasern in der Nervenbildung anzudeuten:

1. in den Gefühlsnerven. Die Zweige des Nerven sind als Markbündel in dem Stamme vorgebildet. Fig. 1.
2. in den vereinigten Gefühls- und Bewegungsnerven. Wenn es wahr ist, was ursprünglich Bell entdeckt

hat, daß die hinteren mit Ganglien versehenen Wurzeln der Rückenmarksnerven Gefühlszweige, die vordern Bewegungszweige sind *), so ist die Verschlingung der Markfasern dieser zwei Systeme in dem Stamme des Nerven wahrscheinlich so, daß jede Bewegungsfaser in der Vereinigung diesseits des Ganglion eine Empfindungsfaser zur Begleiterin erhält, wodurch die Verbreitung der zugleich fühlenden und bewegenden Aeste und Zweige in den peripherischen Theilen vorbereitet wird. Fig. 3. Ob hierhin der Nervenplexus gehöre?

3. in den sympathischen Nerven. Sie bestehen zwar auch nach den Beobachtungen von Wutzer und Lobstein

---

*) Durch Versuche bestätigt von Magendie, (Journal de physiologie experimentale. T. II. p. 276 — 366.) und Beclard (Elemens d'anatomie generale. Paris 1823. p. 688).
Ich habe den Versuch der Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln einmal bei einer jungen Katze gemacht. Das Rückenmark wurde in der Lendengegend durch Wegnahme der noch knorpeligen Wirbelbogen mit dem bloßen Messer leicht und schnell blosgelegt; allein durch das Bluten des Knochengewebes wurde das Thier so entkräftet, daß obgleich es nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln noch eine halbe Stunde lebte, ich doch aus den schwachen Reactionen einen sichern Schluß mir nicht erlauben durfte. Das Thier zuckte nicht beim Durchschneiden. Uebrigens ist dieser Versuch weder so schwer auszuführen, noch so sehr grausam, als man allgemein glaubt. Bei dem großen Interesse des Gegenstandes wäre es sehr zu wünschen, daß jene Arbeiten einmal von einem Deutschen auf dem Wege eines wiederhohlten Versuchs geprüft würden. — Nach den Versuchen von Bellingeri (Annali universali di medicina, 1824. 2. 3.) gehört die hintere Wurzel der Extension, die vordere der Flexion und zugleich dem Gefühle an.

aus Fasern; allein diese verzweigen und vereinigen sich sichtbar genug überall in Theile, die nicht in einem Stamme vorgebildet sind. Dadurch scheint die Sympathie der Empfindung, der überall sich mittheilenden auf keinen bestimmten Ort beschränkten Gefühle der sympathischen Nerven begründet.

4. in den Nerven, deren Faserungen, aus einem Stammorgane entspringend, sich für die Glieder dieses Stammes in identische Zweige theilen. Die Wurzeln des Chiasma. Fig. 4. 6.

---

3. Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma der Sehnerven bei dem Menschen.

In den Faserungen des Sehnerven vor dem Chiasma ist die räumliche Continuität der Netzhaut vorgebildet. Die Räumlichkeit der Netzhaut wie des Sehnerven begründet die Möglichkeit einer Lichtempfindung des Räumlichen. Alle Theile des Sehnerven müssen wie alle Theile der Netzhaut eines Auges als unter sich different betrachtet werden; so daß die Affectionen eines und desselben Sehnerven wie einer und derselben Netzhaut an verschiedenen Stellen ihrer räumlichen Ausbreitung nicht subjectiv an einem und demselben Raume identificirt werden, sondern daß dem in der Ausbreitung des Nervengebildes Continuirlichen auch ein Continuirliches in der Gesichtsvorstellung entspricht. Gleichwohl entsprechen sich in beiden Augen gewisse Theile nach früher angegebenen Gesetzen auf das genaueste, sie identificiren ihre Empfindung räumlich an einen und den-

ſelben Ort. Wenn alſo alle Theile eines und deſſelben Sehnerven und ſeiner Netzhaut different ſind, jedem denkbaren Theile des einen Sehnerven und der einen Netzhaut, ein anderer in dem andern Sehnerven als identiſch entſpricht, ſo müſſen nicht etwa die Sehnerven an ihrem Urſprunge mit einander im Allgemeinen vereinigt ſeyn; denn in dieſer organiſchen Vereinigung wäre die relative Identität und Differenz der einzelnen Theile noch nicht denkbar; ſondern alle unter ſich differenten Urtheile eines Sehnerven müſſen in ihrem Urſprunge mit den ihnen ausſchließlich identiſchen und unter ſich ſelbſt differenten Urtheilen oder Faſerungen des andern Sehnerven vereinigt ſeyn. Dieſes iſt der phyſiologiſche Begriff des Chiasma der Sehnerven, zu dem wir aus Unterſuchungen über die ſubjectiven Geſichtserſcheinungen gekommen ſind. Wohlwiſſend, daß alle bisherigen Unterſuchungen über den organiſchen Bau des Chiasma bei dem Menſchen ungenügend geblieben ſind, ſind wir dennoch berechtigt, den aus richtig feſtgeſtellten ſubjectiven Thatſachen gewonnenen Begriff vom Chiasma der Sehnerven auf demſelben Wege zu erweitern. Das was wir Chiasma genannt haben, hat zweierlei Extremitäten, zwei centrale, die ſich mit dem Centralmarke, dem Gehirne verbinden, die Wurzeln des Chiasma, zwei peripheriſche, welche nur Bündel der ſich in identiſche Theile für zwei verſchiedene Organe ſpaltenden Urtheile der Wurzeln des Chiasma oder des Chiasma ſelbſt ſind, die Sehnerven, oder die Zweige des Chiasma. Die Wurzeln des Chiasma, bei allen Wirbelthieren, wo eine Verbindung der Sehnerven vorkommt, getrennt, enthalten nur durch und durch differente Urtheile. Die Sehnerven oder die Zweige des Chiasma ſind einzeln in ihren Urtheilen different mit einander, aber nicht wie die Wurzeln des Chiasma überhaupt different, ſondern in entſprechenden Theilen identiſch.

So entſteht uns die vorläufige Anſchauung von der

Organisation des Chiasma des Menschen, welche auf der siebenten Figur der ersten Tafel versinnlicht ist.

a, b die Wurzeln des Chiasma; alle Theile von a und b unter sich different, alle Theile von a gegen alle Theile von b different.

a giebt im Chiasma die identischen Theile c für das eine, e für das andere Auge ab; aber alle Theile von c, so wie alle Theile von e sind unter sich ganz so different, wie die Urtheile ihrer Wurzel a.

b giebt im Chiasma die identischen Theile d für das eine und f für das andere Auge ab; aber alle Theile von d, so wie alle Theile von f sind unter sich ganz so different, wie die Urtheile ihrer Wurzel b.

So ist also c d gleich der Verbindung der Wurzeln des Chiasma a und b, und ebenso e f.

Die Wurzel b bildet den äußern Theil des Sehnerven und der Netzhaut des einen Auges B und zugleich den innern Theil des Sehnerven und der Netzhaut des andern Auges A.

Die Wurzel a bildet den äußern Theil der Nervengebilde des Auges A und den innern des Auges B; welche Theile, wie wir gesehen haben, identisch sind. Aber nicht die Wurzeln des Chiasma theilen sich im Allgemeinen in Aeste für den äußern des einen und den innern Theil des andern Auges; sondern, alle unter sich differenten Urtheile der Wurzel theilen sich im Chiasma in identische Theile für beide Augen.

Wenn diese Ansicht von der physiologischen Bedeutung und der Organisation des Chiasma bei dem Menschen wahr ist, so muß eine Lähmung einer der Wurzeln des Chiasma oder des Sehhügels, aus welchen diese entspringt, zugleich eine Lähmung der identischen Theile beider Augen

veranlassen, welche aus einer und derselben Wurzel des Chiasma entstehen, also des äußern Theiles der Netzhaut des einen und des innern Theiles der Netzhaut des andern Auges.

Dieß findet in der That bei der Amaurosis dimidiata oder dem Halbsehen statt, welches nie auf eine protopathische Lähmung der Netzhaut selbst zurückgeführt werden kann. Das Halbsehen, welches immer beide Augen zugleich trifft, entsteht auf diese Art aus einer vollkommenen Lähmung der einen Wurzel des Chiasma oder der Theile einer Seite des Gehirns, aus welchen jene entspringt, des Sehhügels, der einen Hälfte der Vierhügel.

Aeltere Fälle von Halbsehen sind von Vater *) gesammelt. Aber es ist in diesen nicht angegeben, ob sich das Halbsehen auf beide Augen ausdehnte. Indessen ist dieses wahrscheinlich; sonst würde das gesunde Auge die gelähmte Hälfte des kranken Auges im Gesichtsfelde ersetzt haben. Aber Hyde Wollaston hat in den philos. transact. von 1824 mehrere Fälle von Halbsehen genau beschrieben **), in welchen das Halbsehen immer auf die identischen Theile beider Augen sich erstreckte. Beim Lesen waren beiden Augen so wie auch jedem einzelnen Auge die Anfänge der Wörter verschwunden. Die Sensibilität kam wieder vom Centrum aus. In einem Falle kehrte das Halbsehen einmal um. Sehr instructiv für unsere Ansicht

---

*) Oculi vitia duo rarissima, visus duplicatus et dimidiatus. Viteb. 1723. 4. recus. in Hall. diss. med. pract. T. 1.

**) Annales de chemie et de physique par Gay-Lussac et Arago. 1824. Sept. Der Herausgeber dieses Heftes begleitet die Uebersetzung der Abhandlung von Wollaston mit einer Note, worin er erzählt, daß er 4 Personen kenne, die auf gleiche Weise am Halbsehen gelitten, und daß er selbst drei Anfälle davon gehabt habe.

von der Bedeutung des Chiasma ist die Beobachtung, daß in einem Falle für beide Augen das blinde Feld 3 Grade vom Centrum des Sehfeldes entfernt war. Wollaston schließt sehr richtig und unbezweifelbar, daß das Halbsehen nur aus der Lähmung einer der Wurzeln des Chiasma entstehen könne. Er stellt die Meinung auf, die aus unvollständigen und mangelhaften anatomischen Beobachtungen einigen Grad von Wahrscheinlichkeit erhalten hatte, daß die äußeren Fasern der Wurzel des Chiasma ohne Kreuzung zum Auge ihrer Seite gehen, um den äußern Theil der Netzhaut dieses Auges zu bilden, die innern Fasern derselben Wurzel aber zu dem andern Auge kreuzend fortschreiten, um den innern Theil der Netzhaut des andern Auges zu bilden. Diese Meinung ist schon von Newton in den optischen Quaestionen, aus physiologischen Gründen aber von Weber *) vor 20 Jahren ausführlich vorgetragen worden; und namentlich hat der letztere Schriftsteller das Halbsehen auf diese problematische Organisation des Chiasma gegründet. Allein diese Ansicht ist ungenügend. Wenn auch die sympathische theilweise Lähmung beider Netzhäute auf diese Art durch die Verletzung einer Wurzel des Chiasma eine Erklärung findet, so schließt dieselbe Erklärung das sympathische Sehen räumlicher Bilder durch zwei Organe aus. Denn die Hälften der Netzhäute beider Augen, welche sympathisch gelähmt werden, sehen im Zustande der Gesundheit nicht etwa im Allgemeinen nur identisch, sondern einzelne Theile des einen Auges sind nur gegen einzelne Theile des andern Auges identisch, gegen alle übrigen aber different. Was also nach der frühern Annahme der ganzen Wurzel zukommt, nämlich sich in zwei identische Arme für beide Augen zu theilen, muß von allen

*) Reil's Archiv für die Physiologie. 6. B. S. 282.

Urtheilen oder Fasern der Wurzel des Chiasma vorausgesetzt werden. Jede Faser theilt sich continuirlich in einen fortlaufenden und in einen kreuzenden Zweig, welche zu beiden Augen gelangend dort die identischen Urtheile der Netzhäute bilden; wie sich die Fasern in der Wurzel des Chiasma folgen, so folgen sich auch die identischen Fasern in dem einen und andern Sehnerven, wie diese Bildung in der siebenten Figur der ersten Tafel versinnlicht ist. Wäre jene ältere Ansicht von der Decussation der Sehnerven wahr, so müßte eine Affection einer Wurzel des Chiasma im Halbsehen auch immer eine Erblindung der ganzen Hälfte des Sehfeldes zu Folge haben, welchem der eben mitgetheilte Fall widerspricht. Wollaston erzählt von dem Halbsehen eines seiner Freunde, daß dieser lesen und schreiben konnte, ohne bei letzterem die Hand zu sehen. Eine theilweise Affection der einen Wurzel des Chiasma oder ihrer Ursprungsstellen zieht also nur eine theilweise Lähmung einer Seite beider Augen in Folge; das Räumliche in den Netzhäuten muß in dem Räumlichen der Wurzeln vorgebildet seyn.

Durch anatomische Untersuchungen kann ich diese Bildung des Chiasma nicht beweisen, wohl aber wahrscheinlich machen. Die zweckmäßigste Art, das Chiasma anatomisch zu untersuchen, ist, es frisch vorher 24 Stunden in concentrirter Salzsäure liegen zu lassen, und dann mit einem dünnblättrigen sehr scharfen Messer, einen Durchschnitt in der Richtung der Ebene desselben zu machen. Die Salzsäure löst, wenn sie nur 24 Stunden auf den Nerven eingewirkt hat, diesen zu einer pulpösen weißgraulichen Masse, in welcher die faserige Bildung weiß erscheint. Länger darf das Chiasma nicht in der Salzsäure bleiben, sonst wird es bröcklich. Die Salpetersäure verhärtet im Anfange die Nervensubstanz, macht sie aber bald bröcklich, färbt sie gelb, zuletzt braun, und löst sie später in eine breiige Ma-

terie auf. Sie taugt weniger zu diesen Versuchen. Manchmal that mir eine Mischung der Salpetersäure und Salzsäure gute Dienste. In den meisten Fällen ist die Salzsäure vorzuziehen. Man muß bei einem solchen Durchschnitte das Einfallen eines hellen Lichtes häufig wechseln, um die Faserbildung am deutlichsten zu sehen. Vergrößerungen helfen nicht viel. Ein gutes Auge wird auch ohne Lupe sogleich erkennen, aber schwieriger ist die Zeichnung einer so intricaten Bildung. Die in der ersten Figur der zweiten Tafel gegebene Abbildung des Durchschnittes eines mit Salzsäure behandelten Chiasma von einem zweijährigen Kinde ist vergrößert ganz der Natur getreu und mit der größten Sorgfalt von mir selbst, ohne Begünstigung meiner früher aufgestellten Ansicht von der Bildung des Chiasma, gezeichnet.

A, B. Die Augentheile des Chiasma, die Sehnerven.

C, D. Die Hirntheile desselben, die Wurzeln des Chiasma.

Die faserige Bildung des innern Theiles der Sehnerven ist bis fast zur Längenachse des Chiasma zu verfolgen. Die äußeren Fasern des Sehnerven scheinen in dem Durchschnitte auch dem äußern Theile der Wurzel des Chiasma derselben Seite anzugehören; sie scheinen, die Linie AD erreichend, sich zu beugen gegen die Wurzel des Chiasma hin. Diese Beugung habe ich in manchen Fällen sehr deutlich gesehen. Dann war die faserige Bildung, die sich unmerklich verlor, in ihren Spuren am äußern Theile der Wurzel noch kurz über das Chiasma hin zu verfolgen. An dem innern Theile der Wurzeln habe ich aber nie Spuren der Faserung bemerken können. Die Kreuzung der Fasern im mittlern Theile des Chiasma mit äußerst feinen, hell weißen Fasern ist ganz deutlich und nicht zu verkennen. Indessen sind die Kreuzungswinkel, wie man in der Ab-

bildung sieht, sehr klein, so daß die Fasern an manchen Stellen gar nicht schief, weder zu der einen, noch zu der andern Wurzel zu verlaufen scheinen. Dieser Umstand ist sehr wichtig. Größtentheils haben die Fasern in der Mitte des Chiasma nicht den Verlauf, daß sie von dem innern Theile einer Wurzel, das Chiasma schief durchkreuzend, zu dem innern Theile des Sehnerven der entgegengesetzten Seite zu gehen scheinen; sondern die fast parallel mit der Breitenachse verlaufenden oder doch sehr wenig gegen dieselbe sich neigenden Fasern, scheinen vielmehr ihrer Lage gemäß ebenfalls von dem äußern Theile der entgegengesetzten Wurzel zu kommen, die außerdem deutlich die Fasern für den äußern Theil des Sehnervens derselben Seite abgiebt. Wie sollten zum Beispiel die sich kreuzenden, bogenförmig verlaufenden, aber von der Breitenachse des Chiasma wenig abweichenden Fasern am vordern Theile desselben, bei dem Theilungswinkel x, von dem innern Theile der Wurzel C oder D entstehen. Dieses ist wegen ihrer Lage ganz undenkbar, so daß man auf den ersten Blick verführt werden könnte zu glauben, diese bogenförmigen Fasern kommen gar nicht von den Wurzeln, sondern verbinden die Fasern des innern Theiles beider Sehnerven vor dem Chiasma. Wie, wenn aber diese Fasern, wenn sie einmal sich kreuzen, so aus der Wurzel der entgegengesetzten Seite abstammen, daß die hinteren Fasern des Chiasma vom innern Theile der Wurzeln, die mittleren vom mittlern Theile der Wurzeln, die vorderen vom äußern Theile derselben abstammen, was ganz mit der Lage derselben übereinstimmt. Dann würde der innere Theil des Sehnerven A nur von den schief nach A verlaufenden Fasern gebildet, die sämmtlich von der Wurzel D entstehen, aber in dieser Wurzel D auch mit den Fasern für den äußern Theil des Sehnerven B vereinigt wären. Und es fände statt, was früher aus an-

deren Untersuchungen construirt worden ist; die Fasern in der Wurzel theilten sich in identische Zweige für den innern Theil des Sehnervens der entgegengesetzten Seite und den äußern Theil des Sehnervens derselben Seite. Dieß ist das einzige, was ich in der Auslegung meiner Abbildung wagen darf, ohne zu Gunsten meiner Ansicht zu werben.

Uebrigens sind die Fasern im Chiasma des Menschen sehr viel feiner als die der Thiere nach meinen Untersuchungen. Auch unterscheidet sich das Chiasma des Menschen von dem der Thiere dadurch, daß bei den Thieren außer dem Chiasma in den Wurzeln desselben keine Spur einer Faserung zu entdecken ist, und daß die Faserbildung des Chiasma wie durch eine Linie von der Wurzel geschieden ist; bei dem Menschen aber das Letztere fehlt, und die Faserbildung wenigstens am äußern Theile der Wurzel noch eine kurze Strecke verfolgt werden kann *). Weiter hört aber alle Spur der Faserung sowohl in dem frischen, als in dem mit Salzsäure behandelten Nerven auf. Ich glaube dieß anführen zu müssen, da Home **) behauptet hat, die Faserung beginne schon vom Ursprunge an mit wenigen aber dicken Fasern, die sich mehr und mehr theilten. Vrolicq hat in dem Hirntheile der Sehnerven bei dem Menschen auch nie Fasern bemerken können. Dieß kann natürlich unserer anschaulichen Darstellung der Faserung, wie wir sie, aus physiologischen Gründen bewogen, in der siebenten Figur der ersten Tafel gegeben haben, und wo die Faserungen der Wurzeln zur Erleichterung der Anschauung mit aufgenommen sind, keinen Eintrag thun.

Nach unseren bisherigen Untersuchungen über die subjective Identität der Gesichtsfelder bei dem Menschen, über

*) Vergl. tab. II. fig. 1. und fig. 4.

**) On the structure of the nerves. Philos. transact. 1799. 1.

den organischen Grund derselben und über die physiologische Bedeutung des Chiasma sind wir berechtigt die Frage, warum wir mit beiden Augen einfach sehen, von uns abzuweisen. Denn jene Frage ist gleichbedeutend mit dieser: warum sieht der Mensch mit einem Sehorgane nicht doppelt?

---

4. Von der subjectiven Identität und Differenz der Gesichtsfelder bei den Thieren.

Die Frage, warum die Thiere mit divergirenden Augen unter Bedingungen, unter welchen wir doppeltsichtig sind, dennoch einfach sehen, ja vielmehr bei divergirenden Achsen der Augen, den Gegenständen, welche in der Achse des Körpers liegen, die größte Aufmerksamkeit zu schenken vermögen, so daß sie dieser Dinge im Laufe und Sprunge halbhaft werden können, hat sich die Physiologie kaum erst aufgeworfen. Treviranus*) scheint die Beantwortung derselben nur unter der Voraussetzung möglich, daß bei jenen Thieren der Eindruck von dem in der Achse des Körpers, oder außerhalb den Gesichtsachsen, liegenden Gegenstande auf beide Augen den Eindruck überwiege, oder wenigstens dem gleichkomme, der unterdeß auf jedes einzelne Auge von dem in dessen Achse befindlichen Objecte gemacht wird. Wenn nun auch bei vielen Thieren, namentlich bei den Vögeln, die Achse der Linse nicht zugleich die Achse des Auges ist, wenn auch bei einer mäßigen Divergenz der Augen die mittleren

---

*) Biologie, VI. B. S. 569.

vorderen Gegenstände in jedem Auge Bilder auf dem äußern hintern Theile desselben bewirken müssen, so ist durch jene Voraussetzung das Problem hypothetisch nicht einmal beantwortet, sondern vielmehr misverstanden. Denn es kömmt nicht auf die Deutlichkeit desselben Bildes eines mittlern Gegenstandes in beiden Augen an, sondern auf das einfache Sehen, welches bei einer divergirenden Stellung der Augen, wenn die Identität der Gesichtsfelder wie beim Menschen, nicht denkbar ist. Vielmehr müßten die Gesichtsfelder beider Augen, welche in allen Theilen subjectiv congruent wären, die seitlichen Gegenstände, welche nicht von beiden Augen zugleich gesehen werden können, an einer und derselben Stelle des subjectiven Sehraumes ineinander enthalten, und die mittleren vorderen Gegenstände, welche auf dem äußern hintern Grunde beider Augen bei einer mäßigen Divergenz abgebildet werden müssen, aus demselben Grunde doppelt erscheinen; da nach der Voraussetzung nicht die äußeren Theile beider Netzhäute identisch sind, sondern die äußeren des einen Auges mit den inneren des andern, so wie bei dem Menschen. Wenn man annehmen wollte, daß immer nur ein Auge abwechselnd sähe, während das andere unthätig wäre, so würden doch immitten des Wechsels beider Augen im Sehen räumlich weit entlegene und verschiedene Gegenstände der beiden Seiten abwechselnd an einem und demselben Orte des gemeinsamen Sehfeldes erscheinen.

Man hat bisher noch keinen Versuch gemacht, diesen Widerspruch zu lösen und alle Erklärungen des einfachen Sehens bei dem Menschen, wie wir sie bisher zu hören gewohnt waren, zeigen sich hier erst recht unfruchtbar und unzureichend. Dagegen liegen in unserer bisherigen Betrachtungsweise, wenn wir diese nur fortsetzen wollen, solche Folgerungen, daß diese, wenn wir uns deren nur bewußt werden wollen, uns den natürlichen Weg zu einer

einfachen und befriedigenden Auflösung jenes Problemes von selbst eröffnen werden.

Ich werde zuerst aus Thatsachen der vergleichenden Anatomie beweisen, daß die Sehfelder der Thiere nicht in der Art, wie bei dem Menschen, subjectiv identisch sind. Diese Beweise schneiden uns auf einmal von einer Menge blinder Abwege und unfruchtbarer Untersuchungen ab.

1. Bei vielen Thieren tritt der Sehnerve im Mittelpuncte der Netzhaut oder diesem sehr nahe ins Auge: so unter den Säugthieren bei dem asiatischen Elephanten, dem Bären, dem Waschbären, dem Dachse, dem Murmelthier, dem Biber, dem Luchse, dem Wallfische, dem Narval *); unter den Fischen bei Raja clavata, Squalus acanthias, Gadus morrhua, Cobitis anableps **). Da nun, wie Mariotte zuerst bewiesen und Bernouilli genau berechnet, beim Menschen im ganzen Umfange der Eintrittsstelle des Sehnerven nicht deutlich empfunden wird, vielmehr, statt der Unterscheidung bestimmter Grenzen des objectiven Bildes, an jener Stelle nur Empfindung der allgemeinen Beleuchtung statt findet, wie Troxler richtig beobachtet hat, so würden jene Thiere, bei welchen der Sehnerve in der Achse des Auges eintritt, wenn anders ihre Sehfelder auf gleiche Weise wie die unsrigen identisch wären, gerade an derjenigen Stelle der Netzhaut am undeutlichsten sehen, wo wir allein nur deutlich empfinden. Ferner sind beim Menschen die Mittelpuncte der beiden Netzhäute identisch, und von diesen aus die innere Hälfte der Netzhaut des einen Auges identisch mit der äußern

*) D. W. Sömmering, de oculorum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio. Götting. 1818. tab. II.

**) Ebend. tab. III.

Hälfte des andern, so daß was in beiden Augen links in gleichen Radien und gleicher Entfernung vom Mittelpuncte ist, und was unter denselben Bedingungen in beiden Augen rechts liegt, in subjectiver Hinsicht eins und dasselbe sind. Die Eintrittsstellen der Sehnerven an der innern Seite beider Augen sind demnach different, wie denn ihre Affection in beiden Augen, nicht subjectiv zusammenfällt, vielmehr die feurigen Kreise, welche im subjectiven Versuch durch die Zerrung der Sehnerven erscheinen, um die wahre subjective Größe der Summe der scheinbaren Entfernungen beider Sehnerven vom Mittelpuncte der Netzhaut, im Sehfelde von einander entfernt sind. Dadurch also, daß die Eintrittsstelle des Sehnerven des einen Auges nicht identisch ist mit der des andern, aber identisch mit einer andern freien Stelle der Netzhaut, wird bei dem Zusammenwirken beider Augen, die unempfindliche Eintrittsstelle des einen Auges, durch eine vollkommen empfindliche des andern ersetzt; und die undeutliche Lücke im Gesichtsfelde kann nur bei der isolirten Thätigkeit *eines* Auges entstehen. Wenn nun die Eintrittsstellen der Sehnerven bei den Thieren wie bei dem Menschen different sind, so können bei denjenigen Thieren, bei welchen Mittelpuncte der Augen und Eintrittsstellen der Sehnerven coincidiren, erstere nicht identisch seyn. Aus doppelten Gründen ist es also wahr, daß wenn beim Menschen die Mittelpuncte der Netzhäute ihre doppelten objectiven Eindrücke zu einer und derselben subjectiven Empfindung vereinigen, das Thier vielmehr, was immer für Theile der Bilder die Mittelpuncte seiner Netzhäute betreffen, bei unserer Voraussetzung diese doppelt sehen müsse.

2. In den Augen mehrerer Saurier befindet sich im Mittelpuncte der Netzhaut ein ansehnliches foramen centrale, welches nicht wie bei dem Menschen scheinbar ist, wo die Markhaut selbst unversehrt und vielleicht nur ihre

Gefäßplatte durchbrochen ist, sondern mit scharfen Rändern einen scheibenförmigen Theil der choriodea schwarz durchscheinen läßt. Albers *) fand bei einer 80 Pfd. schweren Schildkröte, deren Augen er nach dem Köpfen untersuchte, ein Centralloch der Retina mit gelbem Saume. An den Augen von Crocodilus sclerops und Lucius hat D. W. Sömmering diesen schwarzen Diskus schon im Jahre 1818 beschrieben und abgebildet **). Auf des Hrn. Ghr. Rudolphi Veranlassung habe ich in Berlin das Auge eines jungen Crocodils (sclerops?) in dieser Hinsicht untersucht und mich überzeugt, daß die Netzhaut im Mittelpuncte des Auges rund im Durchmesser fast einer Linie ausgeschnitten ist, und daß die dunkle Scheibe lediglich durch die choriodea gebildet wird. Uebrigens hat dieses foramen centrale nicht die geringste Aehnlichkeit mit dem scheinbaren foramen centrale des Menschen und einiger Affen, das über Verdienst berüchtigt geworden ist. Knox hat dieselbe Oeffnung der Netzhaut auch an mehreren Eidechsen gefunden, wie namentlich bei Lacerta scutata, superciliosa, calotes und beim Chamäleon ***). Wären also die Mittelpuncte der Netzhäute bei den Thieren wie bei dem Menschen identisch,

---

*) Abh. der Acad. der Wissensch. v. München. B. 1. S. 83. Es ist jedoch zu bemerken, daß Albers später einmal unter denselben Bedingungen das Centralloch nicht wieder fand.

**) A. a. O. Sömmering scheint mir jene schwarze Scheibe zu seitlich abgebildet zu haben.

***) Mem. Wern. Soc. Vol. V. p. 2. Edinb. phil. Journ. oct. 1823. p. 358. Nach Knox ist bei jenen Thieren auch der gelbe Fleck vorhanden. Liegt er vom foramen centrale entfernt? Wahrscheinlich würde er dann die Centralpuncte der identischen Ausbreitungen in beiden Augen bezeichnen können. Ich habe ihn im Auge des Crocodiles nicht gesehen.

so könnten von jenen Thieren diejenigen Theile der Bilder, welche die Mittelpuncte der Augen betreffen, gar nicht gesehen werden, und es würde bei der Größe der Oeffnung wenigstens ein ansehnlicher Theil aus dem objectiven Sehraume im subjectiven Gesichtsfelde ausfallen. Wenn aber die Netzhäute beider Augen nicht wie bei dem Menschen identisch oder subjectiv eins sind, so kann die Lücke in dem Gesichtsfelde des einen Auges durch die empfindende Markstelle des andern ersetzt werden, auf gleiche Weise, wie bei dem Menschen durch das Zusammenwirken beider Augen die undeutlich sehenden Eintrittsstellen der Sehnerven Ersatz finden.

3. Wenn es nun einmal gewiß ist, daß die Netzhäute der Thiere ein ganz anderes Verhältniß der Identität als die des Menschen haben, so können wir auf dem bisherigen Wege auch noch andere Stellen beider Augen ausschließen, von welchen wir mit Gewißheit behaupten können, daß sie nicht identisch seyn dürfen. Dahin gehören diejenigen Stellen der untern und äußern Hälfte beider Augen, wo bei den Vögeln und Eidechsen die Basis des Fächers auf der Netzhaut aufsitzt. Da die so bedeckten Theile der Netzhaut beträchtlich sind, so müßten, wenn jene Theile identisch wären, noch größere Lücken in dem Gesichtsfelde entstehen.

4. Bei denjenigen Thieren, welche bei einer geringern Divergenz der Augen, mittlere vordere Gegenstände des Sehraumes fixiren, sind wir nun selbst im Stande das Verhältniß der differenten und identischen Stellen der beiden Netzhäute mit Gewißheit zu bestimmen.

Viele Säugthiere nämlich und namentlich die Raubthiere, wie die Katzen und Hunde, haben für mittlere vordere Gegenstände verschiedener Entfernungen, so gut wie die Menschen, einen verschiedenen Contuitus der beiden Augen, oder eine bewegliche Convergenz der Sehachsen (nicht der Au-

genachsen); so daß ihre Augen, wenn gleich immer divergirend, dennoch sich einander zuwenden, wenn sie die nächsten Gesichtsobjecte in der Mitte des Sehraumes betrachten, sich von einander entfernen, wenn die Gegenstände ferner sind oder ferner rücken. Kurz die Augen dieser Thiere sind, wenn auch immer in den Augenachsen divergent, doch durch die bewegliche Convergenz der Sehachsen, welche den Gegenstand der Aufmerksamkeit in ihrem Vereinigungspuncte fixiren, immer zusammenwirkend. Man kann sich davon leicht an Hunden überzeugen. Tritt man ihnen nahe, so bewegen sich ihre Augen, einander sich nähernd, nach innen; entfernt man sich von ihnen, so entfernen sich ihre Augen, um Weniges nach aussen rotirend. Klebt man ihnen etwas auf die Nase, so bestreben sie sich, dieses genau zu sehen, sie schielen so gut wie wir bei den nächsten Gegenständen heftig nach innen, um dem Gesichtseindrucke identische Stellen zuzuwenden, um des einfachen Sehens willen. Deswegen läßt sich diesen Thieren der bewegliche Blick nicht absprechen, wenn die meisten anderen, ohne Contuitus der seitlichen Augen, dieses ermangeln. Es ist also offenbar, daß bei den Thieren die Augenachsen und Sehachsen, welche bei dem Menschen zusammenfallen, ganz verschiedene Dinge sind, und daß die ersteren mit den letzteren unter ganz verschiedenen Winkeln bei verschiedenen Thieren kreuzen müssen. Die Sehachsen ändern bei jenen Thieren so gut wie beim Menschen ihre Convergenz nach Maßgabe der Entfernung der Gegenstände; sie sind bei den Thieren diejenigen Linien, welche, wenn das Thier irgend etwas fixirt, von dem Gegenstande der Fixation durch die Mittelpuncte der Linsen gehend, dort die divergirenden Augenachsen schneiden und in ihrer Verlängerung im äußern hintern Theile beider Augen in einem Puncte die Netzhaut treffen, welcher in beiden Augen in demselben Meridian

gleichweit vom Mittelpuncte der Netzhaut nach außen entfernt liegt. Diese beiden im äußern Theile der Netzhaut gelegenen Puncte sind die Centralpuncte der identischen Stellen, durch deren gleiche Affection das Thier fixirt; sie sind dasselbe, was im Auge des Menschen die Mittelpuncte der Netzhaut. Wenn bei dem Menschen ferner in beiden Augen alle Theile der Netzhäute identisch sind, welche von dem Mittelpuncte aus in gleichen Meridianen und gleich weit von jenen Mittelpuncten in beiden Augen entfernt sind, so sind bei den Thieren mit beweglichem Contuitus sofort alle diejenigen Stellen der beiden Netzhäute identisch, d. h. subjectiv eins, welche von jenen äußeren seitlichen Centralpuncten der identischen Stellen aus gleich weit von diesen in derselben Richtung entfernt, und in denselben Radien jener äußeren seitlichen Centralpuncte gelegen sind.

Wir können uns jetzt zu größerer Klarheit einer anschaulichen graphischen Darstellung bedienen.

Wenn Taf. I. Fig. 17. A, B, die beiden mit ihren Linsenachsen divergirenden Augen des Thieres, die natürliche Stellung für die Perception eines in der Richtung der Längenachse des Körpers gelegenen Gegenstandes a haben, so wird dieser dem Auge A in e dem Auge B in o erscheinen. Diese beiden Puncte sind die Centralpuncte der identischen Stellen; sie sind gleich weit vom äußern Rande des Ciliarringes entfernt; die Linien a o und a e, welche sich im Gegenstande der Fixation a vereinigen, sind die Sehachsen, welche sich mit den Augenachsen unter dem Winkel a x n kreuzen. Was nun in der graphischen Darstellung mit gleichen Tinten in beiden Augen bezeichnet ist, ist identisch, was mit ungleichen, ist different. So sind in beiden Augen diejenigen Stellen subjectiv eins, welche zwischen den Graden 40 — 50 enthalten sind, aber in umgekehrter Ordnung, so daß, wenn in dem Auge A 40 mit dem Rande der Netzhaut zusammenfällt, 50 aber um

10 Grade von diesem entfernt ist, in dem Auge B vielmehr 50 mit dem äußern Rande der Netzhaut zusammenfällt, 40 aber um eben so viel von diesem, als 50 in dem andern Auge, entfernt ist. Dieses Verhältniß der Inversion gilt für alle zwischen 40 und 50 denkbaren Grenzen. Nur die Grade 45 oder e und o liegen in beiden Augen gleich weit vom äußern Rande der Netzhaut entfernt; sie liegen in der Direction der Sehachsen, da die Augenachsen ganz verschiedene Stellen, in dem einen Auge 30 in dem andern 60 betreffen. Der Umfang der Netzhaut im Auge A von 50—80 ist durchaus different, subjectiv verschieden vom Umfang der Netzhaut im Auge B von 40—10; welche Verschiedenheit durch verschiedene Tinten angegeben ist. Die äußeren Theile der Netzhaut in dem Auge A von 40—50, so wie dieselben in dem Auge B von 40—50, sehen sich selbst im Zustande der Affection identisch im subjectiven Sehraume, so wie dieß beim Menschen in einem andern Verhältniß von den inneren Theilen des einen Auges mit den äußeren des andern gilt. Umgekehrt aber werden die Affectionen der Netzhaut im Auge A von 50—80, und die des Auges B von 40—10, nicht subjectiv im Sehraume eins erscheinen, sondern in Hinsicht des Ortes verschieden neben einander liegende Theile des gemeinsamen Sehfeldes darstellen; so etwa, wie wenn die subjective theilweise Vereinigung der beiden Sehfelder wie in Fig. 18. wäre.

Unter diesen physiologischen Bedingungen werden die Gegenstände des Horopters x d, wie immer auch die Augenachsen divergiren, einfach gesehen werden müssen. So erscheinen a, b, c dem Auge A in der Ordnung von innen nach außen gegen den orbiculus ciliaris an den Stellen der Netzhaut 45, 43, 40, dem Auge B in umgekehrter Ordnung vom orbiculus ciliaris aus in denselben identischen Stellen 45, 43, 40. Identische Theile auf gleiche Weise

afficirt, ſehen einfach. Ein anderes Verhältniß iſt mit den übrigen Theilen der Augen. Was über c im Horopter nach d zu liegt, kann von dem Auge A nicht mehr geſehen werden, wohl aber von B. Denn das von d ausgehende Licht vereinigt ſich durch Refraction auf der Stelle 35 im Auge B. Mit dem 35. Grade des Auges B liegt im Auge A der 55. Grad in demſelben Meridian. Was den Grad 55 im Auge A afficirt, kann nicht auf die Netzhaut des Auges B wirken. Dieſe Stellen ſind überdieß ſubjectiv verſchieden, d. h. ſie mögen gleichartig oder ungleichartig afficirt ſeyn, im ſubjectiven gemeinſamen Sehfeld ſind dieſe in gleichen Meridianen liegenden Stellen beider Augen örtlich geſchieden. Es erſcheinen alſo a, b, c beiden Augen und zwar ſubjectiv eins, x und d aber einzeln den einzelnen Augen und ſubjectiv verſchieden. Das ſubjective Sehfeld enthält demnach unter den gegebenen phyſiologiſchen Bedingungen auch bei der Divergenz der Augen die Gegenſtände in derſelben Ordnung und einfach, wie ſie in der äußern Natur gegeben ſind.

Mit der Entfernung der Gegenſtände oder des Horopters, wird auch die Convergenz der Sehachſen a o und a e ändern müſſen, ſo zwar, daß, abgeſehen von der Divergenz der Augenachſen, nur immer die Sehachſen, in dem Puncte der Fixation convergirend, ſich kreuzen. Unter dieſen Bedingungen werden auch hier, wie beim Menſchen, die Gegenſtände aller Entfernungen einfach geſehen werden müſſen. Doppelbilder entſtehen auf gleiche Weiſe, wie beim Menſchen, wenn dieſe letzteren Bedingungen nicht erfüllt ſind, wenn die Sehachſen über oder vor dem Gegenſtande convergiren, in welchem Falle gleiche Bilder auf differente Theile beider Netzhäute fallen. Das aufgeführte Schema der identiſchen und differenten Theile der Netzhäute bei den Thieren war nur beiſpielsweiſe. Die Centralpuncte der identiſchen Stellen o, e liegen bei verſchie-

denen Thieren verschieden vom Rande der Netzhäute entfernt, nach Maßgabe der größeren oder geringeren Divergenz der Augen; woraus hervorgeht, daß die in beiden Augen subjectiv übereinstimmenden Stellen der Netzhäute, auf Kosten der differenten, einen um so größern Umfang des Markgebildes einnehmen, je geringer die Divergenz der Augenachsen bei dem Thiere, oder je kleiner die Kreuzungswinkel der Sehachsen mit den Augenachsen sind. Bei den höheren Säugthieren, welche dem Menschen am nächsten stehen, bei den Affen, scheinen die Augenachsen mit den Sehachsen zusammenzufallen; ihre Augen liegen in derselben Ebene des Gesichtes und scheinen das Verhältniß einer durchgängigen Identität, wie beim Menschen, zu haben, womit ebenfalls das Vorkommen des gelben Fleckes in der Mitte des Auges übereinkommt. Bei allen übrigen Säugthieren divergiren die Augen in verschiedenen Ebenen; worüber die angehängte Tabelle der Ausmessungen nachzusehen. Unter den Vögeln liegen nur die Augen der Eulen fast in derselben Ebene des Gesichtes; alle anderen Vögel haben sehr divergirende Augen; weniger die Amphibien. Aber bei den Cetaceen und den meisten Fischen liegen die Augen ganz zur Seite des Kopfes in fast parallelen Ebenen. So ist die natürliche Divergenz der Augen bei den Thieren der sichere Maßstab für die Bestimmung des Verhältnisses der identischen zu den differenten Stellen ihrer Netzhäute. Mit einer gegebenen Divergenz der Augen bei einem Thiere, das wie die Hunde, die Neigung der Augen nach Maßgabe der Entfernung der Gegenstände abändert, mittlere Objecte des Gesichtsfeldes betrachtend, ist auch die Convergenz der Sehachsen für die Entfernung des Gegenstandes gegeben. Diese Sehachsen treffen die Centralpuncte der identischen Stellen.

Die meisten Säugthiere richten ihre Aufmerksamkeit

vorzugsweise auf die in der Richtung der Längenachse des Körpers gelegenen Gegenstände; sie ändern die Divergenz der Augen oder die Convergenz der Sehachsen nach Maßgabe der Entfernung der in dieser Richtung ihnen gebotenen Objecte; sie haben dadurch eine Spur des beweglichen Blickes, und man sieht, wie diesen Thieren die Augenmuskeln eben so nothwendig zum Contuitus, wie dem Menschen sind. Bei den Vögeln selbst, wo die Augen fast parallel zu den Seiten des Kopfes liegen, ist die Aufmerksamkeit noch zum Theil auf die in der Richtung der Längenachse des Körpers gelegenen Gegenstände gerichtet, wenn diese nur nicht zu nahe sind, als daß sie Bilder auf den äußeren identischen Theilen der Netzhäute entwerfen könnten. Daß aber von entfernteren mittleren Gegenständen in der That Bilder auf den äußeren und hinteren Theilen der beiden Netzhäute erzeugt werden können, davon habe ich mich auf folgende Art überzeugt. Ich nahm die knöchernen Bedeckungen über den Augen des getödteten Vogels weg, so daß die oberen Segmente der Augen frei dalagen. Nachdem ich von diesen sorgfältig alles Zellgewebe lospräparirt, schnitt ich sehr behutsam, ohne die Augen zu zerren und zu verrücken, mit Hülfe eines sehr scharfen Messers und einer gekrümmten Augenscheere, ein kleines rundes Stück, sclerotica, chorioidea und retina, so wie einen kleinen Theil des Glaskörpers begreifend, aus dem obern Segmente beider Augen aus, wodurch ich eine freie Einsicht in den Boden der Augen durch den Glaskörper gewann. In einem geräumigen Zimmer, dessen Fenster, außer einem einzigen, verdunkelt wurden, durch welches letztere die Sonne schien, hielt ich in größerer Entfernung die Augen bei ihrer natürlichen Lage innerhalb der Augenhöhlen, dem Lichtscheine des erhellten Fensters entgegen, so zwar, daß das Fenster in der Richtung der Längenachse des Kopfes gelegen

war. Das Bild des Fensters erschien in beiden Augen in ihrem hintern äußern Theile, verschwand aber in beiden, wenn ich mich dem Fenster zu sehr näherte. Dieser Versuch wurde an einem Haushahne angestellt. Die Erscheinung der Bilder mittlerer vorderer Gegenstände in den hinteren und äußeren Theilen beider Augen zu gleicher Zeit wird bei den Vögeln durch mehrere Umstände begünstigt, einmal durch die viel geringere Breite der Iris an ihrem vordern innern Abschnitte bei vielen Vögeln, womit eine geringere Breite des corpus ciliare an diesen Stellen verbunden ist, dann aber auch dadurch, daß die Hornhaut und die Linse bei manchen Vögeln etwas mehr nach vorn, als in der Achse des Auges gelegen sind, wodurch sich der hintere und äußere Theil der Höhle des Auges erweitert. Dasselbe findet in geringerem Grade auch bei mehreren Säugthieren statt, wie nach Sömmerings Abbildungen beim Wolf, beim asiatischen Elephanten, in hohem Grade aber beim Pferde, wo nicht allein das corpus ciliare im hintern äußern Segmente des Auges viel breiter wird, sondern auch derselbe Theil der Höhlung des Auges bedeutend erweitert ist. Unter den Fischen kenne ich diese Bildung nur von Esox Lucius, bei dem sie aber aus der Abbildung von Sömmering viel zu wenig erkennbar ist. Die Vögel treffen die vor ihnen liegenden Körner mit Bestimmtheit, ohne ihrem Bilde erst den mittlern Theil der Netzhaut durch seitliche Wendung des Kopfes auszusetzen. Indessen sehen die Vögel auch die seitlichen Gegenstände sehr deutlich, ohne ihnen die Sehachsen zuzuwenden, mit einem Auge. Bei seitlichen Gesichtsobjecten scheint Behufs des deutlichen Sehens die Thätigkeit des einen Auges die des andern zu überwiegen; unter diesen Umständen sind die Bewegungen beider Augen immer gleichzeitig und in entgegengesetzter Richtung, wie ich mich an Papagayen überzeugt habe. Ob die Convergenz der Sehachsen oder die

Divergenz der Augenachsen für verschiedene Entfernungen mittlerer Gegenstände sich abändere, wage ich trotz vieler Bemühungen nicht zu entscheiden. Für entferntere Gegenstände braucht die Abänderung der Convergenz der Sehachsen, so gut wie beim Menschen, nur sehr klein zu seyn; und die nächsten mittleren Gesichtsobjecte sehen die Vögel doch nicht mit beiden Augen zugleich; weshalb sie um jedes Kornes willen, das sie aufleſen, den Hals vorschießen und zurückziehen. Wenn bei uns die seitlichen Theile der Netzhaut weniger empfindlich sind, auch außerdem aus Bedingungen der Refraction minder deutliche Bilder erhalten, so scheint bei den Thieren in doppelter Beziehung ein anderes Verhältniß obzuwalten. Einmal sind es nur die äußeren hinteren Theile der Netzhaut, welche, in beiden Augen Bilder derselben Gegenstände empfangend, identisch sind; also auch nur in diesen Theilen kann die Intensität des Gesichtes durch Zusammenwirken beider Augen erhöht seyn. Alle anderen Theile, subjectiv different, wie sie sind, sind nur einseitig erhellt. Dann aber auch scheinen durch Bedingungen der Refraction deutlichere Bilder auf den seitlichen Theilen des Augenbodens bei den Thieren gestattet zu seyn. In den Augen der Wiederkäuer, welche ich so wie die Augen des Vogels behandelte, waren sogar die Bilder jederzeit noch deutlicher, wenn ich dem Auge eine solche Stellung gegen das blendende Object gab, daß die Bilder auf den seitlichen Theilen der Netzhaut verzeichnet wurden. Bei denjenigen Thieren, bei welchen die Achse des Auges nicht auch die Achse der Linse ist, so daß letztere um weniges nach innen neigt, wie bei dem Pferde, bei Strix bubo, bei Falco chrysaetos, Esox Lucius, Cobitis anableps *), muß diese Wirkung noch sehr erhöht werden, und

*) Siehe Sömmering a. a. O. Tab. II. III.

zwar müssen bei diesen Thieren vorzugsweise die äußeren hinteren Theile der Netzhäute an Deutlichkeit der Bilder gewinnen. Versuche über diesen Gegenstand an dem Auge des Hechtes gedenke ich später ausführlicher zu erzählen. Ich will hier nur dieß erwähnen, daß, wenn das Auge des Hechtes, so präparirt, wie es oben angegeben ist, unter Wasser gehalten wird, und das Bild der Sonne durch einen Hohlspiegel auf die Wand des sehr großen Gefäßes, in welchem das Auge gehalten wird, unter Wasser geworfen wird, das auf der Retina verzeichnete Bild immer doppelt und schwach im mittleren Theile der Netzhaut, einfach und hell aber auf den seitlichen und äußersten Theilen derselben erscheint, wie man durch den künstlichen Ausschnitt des Auges sehr wohl bemerken kann.

Je größer die Divergenz der Augen bei den Thieren, um so geringer wird auch die bewegliche Convergenz der Sehachsen, um so kleiner die identischen Antheile der Netzhäute im hintern äußern Theile derselben, um so größer der Umfang der subjectiv differenten Theile des Markgebildes. Mit der ganz seitlichen Lage der Augen, wie bei den Cetaceen und den mehresten Gräthenfischen hört selbst die partielle Identität der Gesichtsfelder ganz auf. Diese Unterschiede der Bildung der Sehsinnsubstanz müssen sich auch in den Sehnerven und im Chiasma beurkunden. Wir haben als Extreme zu betrachten das Chiasma des Menschen mit ganz identischen Gesichtsfeldern, und die vollkommene Decussation der Sehnerven ohne Chiasma bei den Fischen mit ganz differenten Gesichtsfeldern Zwischen diesen Extremen muß bei den Thieren mit zum Theil identischen, zum Theil differenten Gesichtsfeldern auch die Bildung des Chiasma bis zu seinem Verschwinden unter den Fischen sich abändern. Auf welche Weise dieß geschehen könne und müsse, wollen wir in dem folgenden Abschnitte untersuchen; wir können nun die früheren

Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Chiasma vorbereitet auch auf die Thiere ausdehnen.

---

5. Von der in der organischen Bildung begründeten physiologischen Bedeutung des Chiasma und der Kreuzung der Sehnerven bei den Thieren.

So wie in der Thierwelt die Identität der beiden Netzhäute, welche im Menschen absolut ist, abgeändert wird in heilweise Identität, in theilweise Differenz, so muß auch mit dieser physiologischen Umwandlung die Bildung des Chiasma sich verändern, von welchem aus die beiden Zweige des Sehorganes ihren Ursprung nehmen. Wir wollen auch, ehe wir unsere fragmentarischen Untersuchungen über den Bau des Chiasma bei den Säugethieren, Vögeln und Amphibien mittheilen, aus dem vorher entwickelten Begriff einer theilweisen Identität und Differenz der Gesichtsfelder die Bildung des Chiasma zu erschließen suchen.

Den in beiden Augen identischen Stellen von 40 — 50 Fig. 17. muß in den Sehnerven beider Augen ein Theil der Fasern entsprechen, welche im Chiasma eine Vereinigung zu Mutterzweigen erleiden. Dieß kann so geschehen, wie es in der 8. Figur der ersten Tafel versinnlicht ist. Das Faserbündel a in beiden Sehnerven entspricht den identischen Theilen beider Netzhäute von 40 — 45 Fig. 17., und diese beiden Faserbündel verbinden sich in ihren entsprechenden identischen Zweigen zu dem gemeinsamen Faserbündel c. Das Faserbündel b in beiden Sehnerven entspricht den identischen Theilen beider Netzhäute von 45 — 50 und diese

beiden Zweige b verbinden sich zu dem gemeinsamen Faserbündel d der andern Wurzel des Chiasma. a b von A und a b von B verhalten sich also gerade so zu c und d, wie in der menschlichen Sehsinnsubstanz. So wie aber die Theile von 50 — 80 des einen Auges gegen die Theile 10 — 40 des andern Auges ganz different sind, so können auch alle Fasern der Sehnerven, welche diese Theile der Netzhäute bilden, keine Vereinigung zu Mutterzweigen im Chiasma eingehen, sie müssen sich kreuzen und sofort in den entgegengesetzten Wurzeln des Chiasma verlaufen. Das Faserbündel e entspricht den Theilen der Netzhaut A von 50 — 80, das Faserbündel f des andern Sehnerven den Theilen 10 — 40 des andern Auges, beide Faserbündel kreuzen sich schlechthin und erscheinen unverändert in f und e der beiden Wurzeln des Chiasma. So bildet also die Wurzel f c die Theile a des einen Auges und f a des andern, so bildet die Wurzel d e die Theile b e des einen Auges und b des andern. f c + d e ist gleich f + a a + b b + e, oder = 10 — 40 des Auges B + 40 — 50 der beiden Augen + 50 — 80 des Auges A, oder = 10 — 80 des gemeinsamen Gesichtsfeldes beider Augen in Fig. 18.

Diese theilweise Kreuzung der differenten Fasern und theilweise Vereinigung der identischen Fasern zu gemeinsamen Wurzelzweigen muß dem Chiasma aller Thiere zukommen, welche einen beweglichen Blick für vordere mittlere Gegenstände haben, wenn anders unsere Ansicht und Beweise von der theilweisen Identität und Differenz der Netzhäute bei den Thieren richtig sind. Und zwar werden die sich kreuzenden und vereinigenden Theile der Sehnerven sich verhalten müssen, wie die differenten und identischen Theile der Augen. Wenn aber die Augen keiner beweglichen Convergenz der Sehachsen für die Fixation vorderer mittlerer Gegenstände verschiedener Entfernung mehr fähig

sind, so wird mit den identischen Stellen der beiden Netzhäute auch die Vereinigung identischer Faserbündel im Chiasma aufhören müssen. Das Chiasma wird fehlen müssen, wo die seitlich liegenden Augen ganz verschiedene Gesichtsfelder haben, und wo die Augen in ihren Bewegungen nicht mehr die Convergenz der Sehachsen oder die Divergenz der Augenachsen vermehren und vermindern, wo die beiden Augen sich immer nur mit parallelen Sehachsen bewegen, so daß das eine Auge sich nicht nach außen bewegen kann, ohne gleiche Einwärtsbewegung des andern. Dieß hat bei den Gräthenfischen statt. Sie ermangeln alle des Chiasma, die Sehnerven kreuzen sich schlechthin, einer über den andern, ohne Spur der Faserverbindung. Und zwar ist es bei einer und derselben Art nach den Untersuchungen von Rudolphi bald der linke bald der rechte, der über den andern weggeht *). Fig. 9.

Bei den Wirbelthieren, wo eine theilweise Kreuzung statt findet, geschieht diese entweder durch einzelne Fasern wie bei den Säugethieren, oder durch Blättchen wie bei den Vögeln und Amphibien. Sobald aber das Chiasma aufhört, bei den Gräthenfischen, verlieren die Sehnerven ihre faserige oder blätterige Textur ganz und werden bandförmig, so daß der Sehnerven als eine einfache membranöse Ausbreitung aus der faserigen membranösen Hülle der Sehhügel entsteht und in seinem Verlaufe bis zum Auge nur zusammengefaltet ist. Die Sehnerven der linsenhaften Augen der Spinnen, Scorpionen und Insekten mit glatten Augen, bei welchen Thieren die Augen überall in den wesentlichen Theilen denen der Wirbelthiere ähnlich, sich von den

*) Nur beim Kabliau, Gadus morrhua, sollen nach Peter Camper die Sehnerven ohne Vereinigung und ohne Chiasma gerade zu den entsprechenden Augen verlaufen. Vergl. Rudolphi, Physiologie 2. Bd. S. 203.

zusammengesetzten Augen der Insecten unterscheiden, erleiden endlich weder eine Vereinigung noch eine Kreuzung ihrer Fasern. Mit der beweglichen Convergenz der Sehachsen hört das Chiasma auf, mit der Bewegung der Augen überhaupt, hört auch die Kreuzung auf.

Säugethiere.

Chiasma des Ochsen.

Das Chiasma des Ochsen unterscheidet sich von dem des Menschen, nach sorgfältiger Entfernung der Gefäßhaut und nach einer kurzen Einwirkung der Säuren, dadurch, daß es von seinen Wurzeln und den Sehnerven durch eine vierseitige Begrenzung unterschieden werden kann. Wo die Wurzel des Chiasma in das Chiasma tritt, ist sie von diesem durch eine Furche oberflächlich abgegrenzt, welche als eine Fortsetzung des innern Randes der entgegengesetzten Wurzel erscheint, in derselben Richtung verlaufend; ferner, wo der Sehnerve aus dem Chiasma heraustritt, sind beide wieder durch eine Furche und einen etwas erhabenen Limbus des Chiasma geschieden, welche in der Richtung des äußern Randes der Chiasma-Wurzel derselben Seite verlaufen. Die beiden hinteren Furchen, welche in dem hintern Winkel des Chiasma zusammenkommen, sind bei dem Ochsen sowohl an der obern als an der untern Fläche sichtbar; an der obern verlaufen sie mehr gerade, an der untern mehr ausgebuchtet, so daß sie hier nicht im hintern Winkel des Chiasma zusammenkommen, sondern durch die graue Platte getrennt sind. Die vorderen Furchen sind beim Ochsen nur an der untern Fläche, aber hier sehr sichtbar, indem die Fasern des Sehnerven von dem Limbus des Chiasma und jener Furche senkrecht ausgehn.

Die zweite Figur der zweiten Tafel stellt das Chiasma des Ochsen von der obern Fläche, die dritte Figur von der untern Fläche dar.

Fig. 2. a. a. Die Wurzeln des Chiasma.

b. b. Die hinteren Furchen, im Winkel des Chiasma zusammentretend.

c. c. Die Sehnerven.

Fig. 3. a. a. Die Wurzeln des Chiasma.

b. b. Die hinteren Furchen zwischen den Wurzeln und dem Körper des Chiasma, durch graue Substanz im hintern Winkel des Chiasma getrennt.

d. Endigung der grauen Substanz der grauen Platte in einer seichten Vertiefung im hintern Theile des Chiasma.

c. c. Vorderer Limbus des Chiasma auf beiden Seiten im vordern Winkel durch die vordere Grenze des Chiasma f. bogenförmig vereinigt.

g. g. Die Fasern der Sehnerven, aus den vorderen seitlichen Furchen unter dem Limbus des Chiasma-Körpers entspringend.

An der untern Fläche hat demnach das Chiasma des Ochsen eine sechsseitige Begrenzung, von hinten durch die graue Substanz der grauen Platte c, nach hinten seitlich durch die Furchen zwischen dem Chiasma-Körper und den Chiasma-Wurzeln b, b, nach vorn seitlich durch den Limbus des Chiasma-Körpers und die Furchen zwischen diesem und den Sehnerven e, e, von vorn durch die bogenförmige Vereinigung des beiderseitigen Limbus im Winkel der Sehnerven f.

Weder im frischen Zustande noch nach der Behandlung mit Säuren ist an der Oberfläche des so begrenzten Chiasma eine Spur von Faserung zu bemerken. Nach der Behandlung mit Säuren zerfallen die Sehnerven in ihre Fasern, können aber nur bis an den seitlichen Limbus des Chiasma verfolgt werden. Doch entspringen die inneren oberflächlichen Fasern der Sehnerven zum Theil deutlich aus dem vordern Theile des Limbus selbst, ohne jedoch weiter geschieden zu seyn. Dieß ist in der dritten Figur an seiner Stelle angedeutet.

Ich ließ das Chiasma des Ochsen 36 Stunden in concentrirter Salzsäure liegen, worauf die Masse graulich und wie halbdurchsichtig wurde, übrigens aber solche Consistenz behielt, daß mit einem feinblätterigen sehr scharfen Messer auch dünnere Schichten vorsichtig und ohne Zerrung abgetragen werden konnten. Diese Behandlung schien mir nach mehrfachen Versuchen in Hinsicht verschiedener ätzender Substanzen und verschiedener Zeit am zweckmäßigsten. Die Durchschnittsfläche, welche ich so gleich beschreiben werde, war vorzüglich rein ausgefallen; ich wählte sie als typische, obgleich ich auch in andern Durchschnittsflächen wesentlich dasselbe sah, wobei nicht zu verschweigen ist, daß diese Untersuchungen an vielen Chiasmen von Ochsen wiederhohlt worden. Die Zeichnung habe ich selbst im vergrößerten Maßstabe mit der größten Genauigkeit und Treue nach der Natur aufgenommen.

Vierte Figur der zweiten Tafel.

A. B. Die Wurzeln des Chiasma, durchaus ohne Spur von Fasern.

C, D. Die faserigen Sehnerven.

E. Graue Substanz zwischen den Wurzeln des Chiasma.

a. a. Graulichе Grenze der faserlosen Substanz der Chiasma-Wurzeln, entsprechend den Furchen b, b der dritten Figur. Vor dieser Grenze aus beginnt die faserige Bildung des Chiasma plötzlich und entschieden. Die Fasern haben einen dreifach verschiedenen Verlauf.

Diejenigen Fasern d, welche in dem hintern Theile des Chiasma von dem innersten Theile der Chiasma-Wurzeln entspringen, haben einen fast bogenförmigen Verlauf von der einen Seite zur andern, so daß die Chiasma-Wurzeln an dieser Stelle durch Commissuren von einzelnen Fasern vereinigt zu seyn scheinen. Indessen haben auch hier schlingenförmige Verbindungen der einzelnen Fasern wie überall statt. Die mittleren Fasern des Chiasma haben einen mehr schiefen Verlauf von dem mittlern größten Theile der grauen Fasergrenze e nach dem Sehnerven der entgegengesetzten Seite. In dem gegenwärtigen Durchschnitte sind diejenigen kreuzenden Fasern mehr sichtbar, welche von B nach C dringen, in andern Durchschnitten sah ich das Gegentheil. Gleich nach ihrem Ursprunge aus der grauen Fasergrenze e verschlingen sich schon die einzelnen Fasern vielfach, indem sie mehr unregelmäßig als parallel verlaufen. Wo sie aber die Achse des Chiasma erreichen, um sofort nach dem entgegengesetzten Sehnerven C überzusetzen, gehen von ihnen hier und dort deutlich mehr quer verlaufende Faserzweige ab, welche dem Sehnerven D zugewandt sind, und mit den Fasern derselben sich zu verschlingen scheinen. Diese quer verlaufenden und von der kreuzenden Richtung der Mutterfasern abgehenden Zweige sind, wie auch die Abbildung zeigt, in dem größten Theile des Chiasma sichtbar.

Es scheinen also wirklich die kreuzenden Fasern Zweige für den Sehnerven derselben Seite abzugeben, was mit der vorausgeschickten Construction übereinstimmt. Im vordern Theile des Chiasma sind diese gewundenen quer

verlaufenden Fasern noch besonders deutlich, und es scheint durch sie, wie im hintern Theile, wieder eine Commissur der Fasern beider Sehnerven statt zu finden. Die dritte Ordnung der Fasern des Chiasma betrifft diejenigen, welche von dem äußern Theile der Sehnerven entspringen b, b und, sich bogenförmig an dem äußern Rande des Chiasma umschlagend, in den äußern Theil der Faserung des Sehnerven selbiger Seite übergehen c. Es ist jedoch sehr zu merken, daß auch aus jenen nach derselben Seite verlaufenden Faserbogen sich wieder andere erheben, die in kreuzender Richtung nach dem entgegengesetzten Sehnerven verlaufen. So viel ist aus unserer Abbildung klar, daß die äußeren Fasern der Chiasma-Wurzel zum Theil zwar nach derselben Seite umschlagen, zum Theil aber auch kreuzend zu den inneren Fasern des Sehnerven der Gegenseite werden. Und so viel zur Auslegung unserer Abbildung, die der aus anderen Gründen entwickelten Construction keineswegs entgegen ist, vielmehr diese zu stützen scheint. Wohl aber ist das Ergebniß unserer Untersuchung früheren Angaben Anderer entgegen; denn die Wurzeln des Chiasma sind nicht faserig, die aus den Wurzeln entspringenden Fasern kreuzen sich keineswegs ganz, und aus denselben Stellen, wo nichtkreuzende Fasern entspringen, entstehen andere, welche kreuzen.

Chiasma des Pferdes.

Das Chiasma des Pferdes habe ich bloß von seiner untern Fläche an einem sehr wohl erhaltenen und kurze Zeit in Weingeist aufbewahrten Gehirne untersucht. Durch die Güte des Herrn Dr. Gurlt, Lehrers der Anatomie an der Thierarzneischule zu Berlin, erhielt ich mehreremal Chiasmen von Pferden, war aber damals noch nicht mit der rechten Methode bekannt geworden, diese zu untersuchen, so daß microscopische Untersuchungen und die subtilsten

Durchschnitte frischer Exemplare mich nichts von der innern Bildung erkennen ließen. Ich muß mich daher blos auf die äußere Bildung des Chiasma bei dem Pferde beschränken.

Fünfte Figur der zweiten Tafel.

Chiasma des Pferdes von der untern Fläche.

A. B. Die Sehnerven.

C. D. Die Wurzeln des Chiasma.

a. a. Ein fast membranöser sichelförmiger Zuwachs des Sehnerven, der von dem äußern Rande der Chiasma-Wurzel derselben Seite ausgeht, an der Seite des Chiasma verläuft, indem er am breitesten wird, und sich allmählig in den äußern Theil des Sehnerven derselben Seite verliert. Diese Falte kommt mehr vom obern Theile der Chiasma-Wurzel.

Der untere Theil der Wurzel C linker Seite geht aber nicht zum Sehnerven derselben Seite, sondern in einem bogenförmigen nach außen convexen immer dünner werdenden Fortsatz b in den innern Theil des entgegengesetzten Sehnerven B hin. Der untere Theil der rechten Wurzel D scheint mit einem ähnlichen geschweiften Fortsatz c unter dem erstern zu dem entgegengesetzten Sehnerven A zu gehen. Zwischen diesen beiden sich kreuzenden Fortsätzen entsteht im mittlern Theile der untern Fläche des Chiasma eine längliche Grube d, die mit Spuren der grauen Substanz in die graue Platte e übergeht. Deutliche Fasern habe ich nur in der grauen Platte bemerkt; diese verlaufen zum Theil in der Mitte geradlinigt, zum Theil seitlich buchtig, nach dem geschweiften Verlauf jener sie einschließenden sich kreuzenden Fortsätze, gegen die genannte mittlere Grube hin.

Es ist hier, zumal äußerlich, schon deutlich, wie der äußere Theil der Wurzel sowohl den äußern Theil des Sehnerven derselben als den innern des Sehnerven der entgegengesetzten Seite abgiebt. Indem aber die Wurzel C in ihrem kreuzenden geschweiften Fortsatz immer dünner wird und nur mit ihrem dünnsten Theile die innere Portion des entgegengesetzten Sehnerven B erreicht, scheint sie in ihrem Verlauf über den Sehnerven A, auch Fasern für eben diesen Sehnerven A derselben Seite abzugeben, wie wir dieß an dem ähnlichen vordern Limbus des Chiasma beim Ochsen deutlich bemerkt haben (Fig. 3.).

Chiasma des Affen.

Untersuchungen über die innere Faserung des Chiasma der Säugethiere, welche den von mir mitgetheilten Beobachtungen vorausgegangen wären, kenne ich nicht, außer einem Fragmente von G. R. Treviranus *) über die Bildung des Chiasma bei Simia Aigula, worüber ich hier auszugsweise berichte. Schon an der Außenseite war unter einem mäßig vergrößernden Glase die faserige Structur zu erkennen. Als Treviranus die Sehnerven einige Zeit in ätzendem Kali hatte liegen lassen, um sie zu erweichen, und dann nach Wegnahme ihrer Scheide die Fasern mittelst feiner Nadeln und eines Pinsels zertheilte, sah er, daß die äußeren Fasern der obern Seite jedes Sehnerven sich vom Hirnende bis zum Augenende desselben fortsetzten, ohne sich mit denen des andern Nerven im Chiasma zu verbinden, daß hingegen die inneren und unteren Fasern des einen Nerven im Chiasma zum andern Nerven übergiengen und sich mit den nämlichen Fasern des letztern aufs innigste verwebten. Es hielt

*) Vermischte Schriften III. B. Bremen 1820. S. 168.

schwer zu entscheiden, ob ein Theil dieser Fasern von der einen Seite zur entgegengesetzten übergieng. Bei einigen schien dieß der Fall zu seyn. Die ganze Masse der inneren, mit einander verflochtenen, Fasern des Chiasma war offenbar größer als die der äußeren, welche ohne Verbindung mit denen der entgegengesetzten Seite zum Auge fortgiengen.

Vögel.

Carus beschrieb im Jahre 1814 zuerst die blätterige Kreuzung im Chiasma der Vögel. Er sagt in seinem gehaltvollen Werke über das Gehirn *): »Durchschneidet man das Chiasma senkrecht, so bemerkt man auf der Schnittfläche mehrere Querstreifen, und es ergiebt sich bei einer genauern Untersuchung, daß diese Streifen entstehen von einem theilweisen Uebereinandergreifen einzelner Blätter der Sehnerven. Indem nun aber hinter dem Chiasma diese einzelnen Blätter sich wieder vereinigen, um den starken aber sehr kurzen Sehnerven zu bilden, so entsteht in demselben eine faltige Structur, die gewöhnlich in einer besonders in der Nähe des Chiasma deutlichen Cannelirung des Sehnerven sich manifestirt **), und, was nun besonders wichtig ist, was man aber wenig oder gar nicht berücksichtigt hat, offenbar den Grund enthält von dem das Auge der Vögel auszeichnenden kammförmigen Fortsatz einer Gefäßhaut.«

---

*) Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns nach ihrer Bedeutung, Entwickelung und Vollendung, mit 6 Kupfert. Leipz. 1814.

**) Ebend. Taf. IV. Fig. IX. 2. Fig. XIV. 2.

Im Jahre 1815 hat A. Meckel *) diese Bildung genauer beschrieben. Meine Untersuchungen stimmen mit dieser Darstellung ganz überein. Es ist billig, daß ich Meckels eigene Darstellung heraushebe, um sofort aus meinen eigenen Untersuchungen die nöthigen Zusätze zu machen. Ich führe aber um so lieber des Verfassers eigene Worte an, da Desmoulins in einer neuern Berührung dieses Gegenstandes, auf die wir mehrfach zurückkommen werden, mit vielem Aufwande zu beweisen suchte, wie neu dasjenige sey, was er von der blätterigen Bildung der Sehnerven beim Adler und Geyer sagt, wobei aber nicht einmal der blätterigen Kreuzung im Chiasma erwähnt wird.

» Hebt man vom Sehnerven nach oben zu Markschichten auf, so findet man, daß die äußeren Schichten desselben sich bis zur Sylvischen Grube aufheben lassen, die inneren aber allmählig immer kürzer werden und immer tiefer an den Vierhügeln entspringen. Diese Art der Trennung des Sehnerven in verschiedene Schichten ist aus seiner eigenthümlichen Art der Kreuzung mit dem entgegengesetzten zu erklären. Die Sehnerven der Vögel haben die eigenthümliche Beschaffenheit, daß sie sich an der Stelle, wo sie von beiden Seiten in Berührung kommen, in eine gewisse Anzahl von Blättern spalten, welche sich von beiden Seiten gegenseitig aufnehmen, so daß zwischen zwei Platten des einen immer eine des andern Nerven hindurch geht, und nach diesem Durchgange alle Platten wieder zur Bildung des ganzen Nerven zusammentreten. Die Markfasern, aus welchen der Nerve besteht, scheinen hierbei mit denen des andern Nerven bloß in genauere Berührung zu kommen, aber keine Vermischung zu erleiden; denn man

*) Anatomie des Gehirns der Vögel. Deutsches Archiv für die Physiologie 2. B. S. 25.

kann bei einem erhärteten Gehirne sehr leicht die ganze Kreuzung der Sehnerven aufblättern, ohne sichtbare Zerreißung der Fasern entstehen zu sehen, was jedoch die Verbindung durch einzelne feine Fasern nicht ausschließt *). Die (senkrechte) Durchschnittsfläche der Kreuzung ist oval und besteht, dem ersten Anscheine nach, aus Streifen von verschiedener Substanz, welche in der Richtung des Sehnerven von einer Seite zur andern quer übergehen, in der Mitte des Ovals länger und gerade, nach dem vordern und hintern Rande hin abnehmend und etwas gebogen sind. Sie liegen so begrenzt, als wenn man die Finger der einen Hand in die Zwischenräume zweier Finger der andern Hand steckt, und es sind bei der Gans 15 — 16, bei der Krähe, wie die Figur **) zeigt, gegen 30 solcher Streifen, welche das Eigene haben, daß sie ihre Farbe verändern, sobald das Licht von verschiedenen Seiten darauf fällt, so daß sie bald weiß, bald grau erscheinen ***). Will man diese Spaltung der Nerven vor und hinter der Kreuzung noch weiter verfolgen, so ist dieß wohl möglich, aber unmöglich ist es, diese Spaltung wenigstens nach dem Auge hin zu verfolgen, ohne eine Menge der feinsten Markfasern zu zerreißen. Verlängerungen der Gefäßhaut gehen zwar zwischen die Platten der Nerven bei der Kreuzung ein, eben so wie sie jedes etwas abgesonderte Markbündel, ja jede einzelne Markfaser umgeben, aber keineswegs weder vor noch hinter der Kreuzung als besondere Membranen durch den Sehnerven zum Auge oder Gehirne fort. Blättert man nun sorgfältig die Kreuzung der Sehnerven von hinten nach vorn auf, so wird man ungefähr an ihrer Mitte dicht über ihr

*) a. a. O. S. 60.

**) Ebend. Taf. 1. Fig. 3. A. B.

***) a. a. O. S. 37.

von jedem Nerven ein dünnes Markbündel kommen sehen, welches sich zwar auch mit dem der andern Seite in der Mitte kreuzt, aber gleich darauf in den Nerven der andern Seite wahrhaft übergeht, und also eine deutliche und starke Verbindung beider Sehnerven unter einander bildet *). «

Die blätterige Kreuzung ist, wenn man die Gefäßhaut vorsichtig und genau entfernt hat, gewöhnlich schon an der Oberfläche des Chiasma, vorzüglich an der untern Fläche desselben sichtbar.

In der 1. Figur der 3. Tafel ist das unversehrte, nur von seinem häutigen Wesen gereinigte Chiasma eines Haushahnes mit seinen Verbindungen nach einem ganz frischen weder mit Alcohol, noch mit Säuren behandelten Präparate von der untern Fläche dargestellt. Das Auge ist an der Eintrittsstelle des Sehnerven durchschnitten.

a. Die Sehhügel.

b. Die Hypophyse des Gehirns.

c. Die Wurzeln des Chiasma.

o. Kreuzung der obersten schmalsten Blätter.

d. Die Sehnerven in ihrem hintern und untern Theile gefurcht, Spuren der fortgesetzten Blätter, Rand des untersten und schmalsten Blattes.

e. Furchen in dem geschweiften Ende des Sehnerven der rechten Seite.

f. Geschweifter Fortsatz des Sehnerven, wo er durch die sclerotica und chorioidea dringt.

---

*) a. a. O. S. 61. Ebend. Fig. II. 30. Durchschnittsstelle der Sehnerven, 29. Commissur derselben.

g. Härteres von der sclerotica getrenntes Blättchen, an seiner innern Wand schwärzlich, außen weiß. Das Analogon der lamina cribrosa des Menschen und der Säugethiere.

h. Die Netzhaut.

i. Der Kamm im ganzen Verlauf der Eintrittsstelle des Sehnerven.

k. Chorioidea.

l. Sclerotica.

Fig. 2. Ansicht desselben Präparates von oben. Die Kreuzung ist hier nur in dem vordersten Theile sichtbar.

a. b. Die Wurzeln des Chiasma.

c. d. Die Sehnerven.

e. Vorderer Winkel des Chiasma, in welchem die Kreuzung am deutlichsten, entsprechend d der Fig. 3.

Fig. 3. Ansicht des Chiasma von vorn, im Winkel der beiden Sehnerven.

a. Die Sehhügel.

b. Die Wurzeln des Chiasma.

c. Das Chiasma.

d. Scheidung der Blätter im Winkel der Sehnerven.

e. Die Sehnerven.

Wird das Chiasma senkrecht in der Richtung von einer Seite zur andern in Schichten getheilt, so ist der Durchgang der Blätter in allen Schichten deutlich. In den vordersten Schichten stellt derselbe nur eine zickzackförmige Linie dar, auf deren einer Seite die Substanz weißlich, auf deren andern sie graulich erscheint. Fig. 4

Bei anderer Beleuchtung wechselt dieser Schimmer. Je weiter die Durchschnitte der Mitte des Chiasma sich nähern, um so größer werden die Höhen der Winkel in der zickzackförmigen Linie, Fig. 5. so daß also hier die Blätter immer tiefer in ihre Zwischenräume gegenseitig eindringen. Der senkrechte Durchschnitt des Chiasma in der Mitte seiner Längenachse zeigt den zusammengesetztesten Durchgang der Blätter. Die Blätter und ihre Zwischenräume sind nicht mehr winklich, sondern abgerundet und ihre Seiten fast parallel, dabei haben sie die größte Länge und nehmen ohngefähr die Hälfte der ganzen Breite des Chiasma ein, so daß, was besonders zu merken ist, auf jeder Seite $^1/_4$ Breite des Chiasma ungeblättert ist, aber den Schimmer der von hier ausgehenden Blätter theilt, und mit diesem wechselt. Fig. 6. Werden die Durchschnitte durch den hintersten Theil des Chiasma fortgesetzt, so werden die Blätter gegen den hintern Winkel immer wieder kürzer und winklicher, worin sie sich ganz wie im vordern Theile des Chiasma verhalten, mit dem Unterschiede, daß was bei einer und derselben Beleuchtung im vordern Theile des Chiasma grau erschien, hier umgekehrt weiß erscheint. Immer sind die mittleren Blätter eines Durchschnittes die größten, die unteren und oberen kleiner. Fig. 3. 4.

Die 7. Figur zeigt die Kreuzung der Blätter und ihren Durchgang an einem und demselben Stücke des Chiasma

a. Senkrechter Durchschnitt des Chiasma.

b. Horizontaler Durchschnitt des Chiasma und seiner Wurzeln.

Fig. 8. 9. 10. 11. stellen den Durchgang der Blätter in Durchschnitten dar, welche zwar senkrecht aber mit der Längenachse des Chiasma parallel sind.

Fig. 8. Durchschnitt des Chiasma in dem äußersten seitlichen Theile, trifft deshalb in einer kurzen Strecke

auch den Sehnerven, der Durchschnitt ist in der Linie a. b. der 12. Figur.

a. Graue Substanz über dem Trichter.

b. Seitliche Durchschnittsfläche des Chiasma und des rechten Sehnerven.

c. Der linke Sehnerve.

d. Die Commissur der Sehnerven.

Fig. 9. Durchschnitt in der Linie c. d. der Fig. 12

Fig. 10. Durchschnitt in der Achse des Chiasma e. f. Fig. 12.

Fig. 11. Durchschnitt in dem linken Theile des Chiasma, in der Linie g. h. Fig. 12.

Was in den Durchschnitten der rechten Hälfte des Chiasma grau oder weislich erschienen, nahm in den Durchschnitten der linken Hälfte den entgegengesetzten Schein an.

Das Verhalten der Blätter in den senkrechten mit der Breitenachse parallelen Durchschnitten beweist, daß nicht der ganze Sehnerve der einen Seite zwischen den Blättern des andern Sehnerven durchgeht, um zu dem entgegengesetzten Auge zu gelangen. Kreuzten sich die Sehnerven in ihren Blättern ganz, so müßten sich die Blätter der auf einander folgenden Durchschnitte decken. In dem Durchschnitte, welcher durch die Mitte des Chiasma geht (Fig. 6.), könnte keine freie blätterlose Substanz an den Seiten übrig bleiben, von welcher die Blätter wie Zähne ausgehen. Vielmehr müßen diese sich in jenem Durchschnitte über die ganze Breite des Chiasma ausdehnen, wie es in den Linien a, b Fig. 13. bezeichnet ist.

Läßt man das Chiasma des Vogels einige Zeit in Weingeist liegen, oder behandelt man es mit Salzsäure, so

kann man sich deutlich überzeugen, daß die äußeren Theile der Chiasma-Wurzeln keine Blätter für den entgegengesetzten Sehnerven abgeben, daß vielmehr nur die inneren Theile der einen Wurzel zwischen den inneren Theilen der andern Wurzel blätterweise kreuzend weggehen.

Fig. 14. stellt einen Durchschnitt eines mit Salzsäure behandelten Chiasma vom Hahne dar.

a. b. Die Wurzeln des Chiasma.

c. d. Die Sehnerven.

e. Aeußerer Theil der Wurzel b, welche in den äußern Theil des Sehnerven derselben Seite d übergeht.

f. Innerer Theil der Wurzel b, welcher als Blatt zum innern Theile des entgegengesetzten Sehnerven c übergeht, und von dem äußern Theile derselben Wurzel durch einen scharfen Einschnitt getrennt ist.

g. Blattförmige Brücke über dem kreuzenden Blatte f, von dem innern Theile der Wurzel a kommend.

An einem mit Säure behandelten Chiasma des Vogels kann man leicht ein Blatt unter der Brücke des andern wegziehen.

Die Kreuzung der Blätter verhält sich also wie in der anschaulichen Zeichnung Fig. 15 dargestellt ist. Die punctirten und zusammenhängenden Linien mögen die graue und weiße Substanz bezeichnen; diese liegen frei und unvermischt in den äußeren Theilen des Chiasma A, B, C, D; sie decken sich in dem Theile des Chiasma a, b, c, d blätterförmig, und zwar wächst die Größe der Blätter bis zur Breitenachse.

Die Zahl der Blättchen scheint bei den Vögeln sehr verschieden. Bei der Krähe sah Meckel 30, 15 auf

jeder Seite, bei der Gans 15—16, beim Truthahn 8, bei den Hahnen zählte ich 10—11.

Nach Desmoulins soll der Sehnerve des Adlers und des Geiers aus einem Bündel von etwa 12 parallelen Platten bestehen, die zur Seite des Bündels auf einer andern Platte senkrecht aufsitzen. In der Netzhaut hat Desmoulins eine ähnliche Faltenbildung bemerkt. Bei dem Adler und dem Geier soll die Netzhaut wie unter den Fischen bei der Gattung Zeus und bei den Meeräschen in den Meridianen einer Kugel gefaltet seyn; und bei dem Geier soll die Netzhaut nach der Entwickelung 3 mal größer als in ihrer natürlichen gefalteten Ausbreitung seyn. Die faltige Bildung der Sehnerven wird wohl keine andere seyn, als diejenige, welche Carus und A. Meckel längst beschrieben haben, sie wird nur bei dem Adler und Geier deutlicher zu verfolgen seyn, wenn Desmoulins bei andern Vögeln, wie bei der Scolopiax arcuata nichts Aehnliches beobachtet hat. Mag aber auch die Fortsetzung der Blätter in den Sehnerven bei größeren Thieren leichter zu verfolgen seyn, die blättrige Bildung des Chiasma kömmt gewiß allen Vögeln ohne Ausnahme zu. Die senkrechte Platte worauf die einzelnen Blätter der Sehnerven aufsitzen sollen, wird wohl auch nichts Anderes seyn, als eine Fortsetzung der seitlichen Nervensubstanz, von welcher die horizontalen Blätter des Chiasma ausgehen.

Amphibien.

Die blätterförmige Kreuzung der Sehnerven kömmt auch den Amphibien zu. Schon Carus *) führt die grauen Streifen im senkrechten Durchschnitte des Chiasma

*) a. a. O. S. 188. Taf. III. Fig. XIX. 2.

von Lacerta Iguana an, und bemerkt, daß schon bei der Schildkröte etwas ähnliches erkennbar sey. Ich habe das Chiasma der gemeinen Ringelnatter, der Europäischen Schildkröte und der Lacerta ocellata untersucht, und bei allen die Blattbildung gefunden, ein senkrechter Durchschnitt des Chiasma der Ringelnatter ist in der 16. Figur der dritten Tafel abgebildet. Die Zahl der Blätter scheint bei den Amphibien viel geringer. Ich habe bei der Ringelnatter in allen Durchschnitten nur zwei zwischen dreien eingeschlossen bemerkt; bei Lacerta ocellata sah ich auf jeder Seite vier. Carus bildet vom Leguane drei zwischen vieren ab. Da übrigens die blätterige Kreuzung nicht allein den Eidechsen zukommt, welche einen Kamm besitzen, sondern auch den übrigen Geschlechtern der Amphibien, so ist gegen die Vermuthung von Carus offenbar, daß der Fächer nicht nothwendig mit der Erscheinung der blätterigen Kreuzung verknüpft sey.

A. Meckel bemerkt schon der theilweisen Commissur der Sehnerven außer der blätterigen Kreuzung bei den Vögeln. Bei den Amphibien wird jene viel ansehnlicher. Wenigstens sind nach meiner Untersuchung bei der Ringelnatter die Wurzeln des Chiasma an ihrer obern gegen das Hirn sehenden Fläche hinter dem Chiasma noch durch eine starke bandförmige Commissur vereinigt, so daß nur die Hälfte der Wurzeln des Chiasma zur Bildung desselben verwandt wird, die hinteren inneren Hälften derselben aber bandförmig vereinigt werden. So entsteht zwischen der bandförmigen hintern Commissur und den Schenkeln des Chiasma ein kleiner dreieckiger Zwischenraum, welcher trichterförmig vertieft ist. Fig. 17. An der untern Fläche des Chiasma wird jene Commissur vermißt. Hier ist der Zwischenraum der Schenkel des Chiasma wie gewöhnlich mit grauer Masse und durch die Hypophyse des Gehirns ausgefüllt. Die Trennung der Sehnerven in die Wurzeln

Malpighi *) hat zuerst die membranöse Bildung der Sehnerven vom Schwertfisch Xiphias gladius beschrieben. Der Sehnerve besteht nicht mehr aus einzelnen Fasern, sondern aus einer continuirlichen Membran, die in viele Falten gelegt wird, in welche überall die weiche Hirnhaut eingeht, während die harte Hirnhaut sämmtliche Falten zu einem cylindrischen Sehnerven vereinigt. Dieselbe Bildung ist an den Sehnerven von Esox lucius von Ebel **) beschrieben worden. Nach Rosenthal's ***) Beobachtungen kömmt sie den von ihm untersuchten Fischen zu, wie dem Hechte, dem Barsche, dem Sander, einigen Karpfenarten, dem Häring, dem Lachs, dem Wels und den Schollen. Cuvier eignet sie dem Stockfische Gadus morrhua zu.

Carus hat die Haut und die Sehnerven von Cyprinus rutilus abgebildet †); ebenso hat der jüngere Sömmering dieselbe Bildung von einigen Knorpelfischen, der Raja clavata und dem Squalus acanthias beschrieben. Desmoulins ††) will den häutigen Sehnerven bei 8 Gattungen von Fischen bemerkt haben, er führt von diesen nur Mugil, Zeus und den Seedrachen (vive) an. Bei meinen Untersuchungen der Sehnerven sowohl im frischen Zustande als nach der Behandlung mit mineralischen Säuren habe

---

*) Opera omnia, Lugd. Bat. 1687. de cerebro T. II. pag. 120.

**) Observ. neurolog. T. II. Fig. II. recus. in Ludwig script. neurol. minor. Vol. III.

***) Reil's Archiv für die Physiologie. B. X. S. 402. Taf. VII. Fig. 8.

†) Taf. II. Fig. VII.

††) Recherches anatomiques et physiologiques sur le systeme nerveux des poissons. Magendie, Journal de Physiologie, T. II. p. 127. Vergl. T. III. p. 53.

ich nie eine andere als die membranöse Bildung bemerken können, die auch gegen die Angabe von Carus dem Karpfen zukömmt. Außer mehreren kleineren Flußfischen, deren Sehnerven nach der Behandlung mit Säuren untersucht wurden, waren folgende größere Fische diejenigen, bei welchen die membranöse Bildung durch das Messer sogleich blosgelegt wurde. Cyprinus carpio, Cyprinus barbus, Clupea alosa, Salmo salar, Esox lucius und einige Arten der Gattung Sparus. Wir sind daher berechtigt, den meisten Fischen, und zwar sowohl den Gräthenfischen ohne Chiasma, als den Knorpelfischen mit Vereinigung der Sehnerven, die membranöse Bildung der Sehnerven zuzuschreiben *). Nur bei Cyclopterus lumpus sollen nach Desmoulins die Sehnerven nicht kreuzen und von faseriger Bildung seyn. Wahrscheinlich findet jedoch hier kein Chiasma statt. Darüber habe ich bis jetzt keine eigenen Beobachtungen; durch die membranöse Bildung des Sehnerven ist aber die Netzhaut schon in dem Sehnerven vorgebildet, und die erstere steht wieder, wie wir sogleich sehen werden, mit der Art des Ursprunges der Sehnerven in nothwendiger Beziehung.

Vorher wird es zweckmäßig seyn, uns mit der Bezeichnung der hieher gehörigen Abbildung bekannt zu machen.

Fig 19. der dritten Tafel stellt den Ursprung, Verlauf und Uebergang der Sehnerven in die Netzhaut vom Lachs, Salmo salar, dar. Die übrigen Häute des Auges sind um die Eintrittsstelle des Sehnerven auf das vorsichtigste entfernt.

---

*) Von der vollkommnen Vereinigung der Sehnerven bei den Knorpelfischen habe ich mich an mehreren Exemplaren des Störs, des Zitterrochen und des Haien überzeugt.

A. Theile des Urſprunges aus dem Gehirn.

B. Der membranöſe Sehnerve des rechten Auges oder des linken Sehügels, aus ſeiner natürlichen kreuzenden Lage ſeitwärts gezogen und von ſeinen Hüllen entblößt.

C. Der hintere Theil der Netzhaut des rechten Auges.

D. Der unentfaltete Sehnerve des linken Auges, zurückgeſchlagen.

a. Der linke Sehhügel, von oben angeſehen.

b. Linker Rand des membranöſen Sehnerven, welcher deutlich in die obere Wand des Sehhügels bogenförmig übergeht.

c. Die Commiſſur der Sehnerven an ihrem innern Rande, am untern Theile des Chiasma.

d. Rechter Rand des menbranöſen Sehnerven, welcher in die untere Wand des Sehhügels und in die Commiſſur c übergeht.

e. Linker Rand der Sehnervenhaut, wo er in den obern Rand der Netzhaut g, an der Spalte derſelben in der Eintrittsſtelle des processus falciformis choriodeae, übergeht.

f. Rechter Rand der Sehnervenhaut, wo er in die Netzhaut übergeht, ſehr wahrſcheinlich in den untern Rand der Netzhaut h ſich fortſezzend.

g. Oberer Rand der Netzhaut, deutlich übergehend in den linken Rand der Sehnervenhaut.

h. Unterer Rand der Netzhaut. Zwiſchen g und h tritt die Falle der chorioidea als processus falciformis durch.

Der rechte Rand der Sehnervenhaut, d liegt in dem unentfalteten Sehnerven nach unten und innen im

ganzen Verlaufe desselben Mit diesem Theile des Blattes geht der Sehnerve in die Commissur und in den untern innern Theil des Sehhügels seiner Seite über. Deutlich läßt sich dieser Uebergang nachweisen, indem an dem Ursprunge des Sehnerven der größte Theil der Sehnervenmasse sich seitlich nach der Hülle des Sehhügels umschlägt, in diese übergehend, der untere Rand der Sehnervenmembran aber, nach einwärts gewandt, unmittelbar in die blattförmige Commissur sich fortsetzt. Es ist eben so gewiß, daß der übrige größte Theil des Sehnerven, der von dem Sehhügel entspringt, in seiner membranösen Ausbreitung in der straligen Hülle des Sehhügels zu Tage liegt, im Sehnerven selbst aber erst gefaltet wird. Der äußerste rechte Theil des Sehnerven geht in den obern und innern Theil der Hülle des Sehhügels, die mittleren Theile des Sehnerven in den äußern und obern Theil des Sehhügels, die linken Theile des Sehnerven in den untern Theil des Sehhügels über. An dem Ursprunge des Sehnerven aus dem Sehhügel zieht sich daher eine Falte hinter die andere zurück, um sich in die Hülle des Sehhügels umzuschlagen und zu entfalten, wie dieß in der Abbildung naturgemäß angedeutet ist.

Die beiden getrennten Blätter beider Sehnerven bilden also in ihrem Ursprunge durch Vermittelung der Commissur ein ganz zusammenhängendes Blatt, das von der Commissur der Sehnerven ausgeht, nach vorn beiderseits in den anfänglich innern, nach der Kreuzung äußern Theil der Sehnervenhaut übergeht, im Gehirn von der Commissur aus sich in die membranöse Hülle der Sehhügel in einem Verlaufe von unten und innen nach außen und oben fortsetzt. So wie sich die Theile in der membranösen Hülle des Sehhügels von oben und innen nach außen, sofort nach unten und zuletzt nach innen bis zur Commissur folgen, so folgen sich die entsprechenden Theile der Sehnervenhaut vom obern

Rande bis zum untern, der in die gemeinschaftliche Commissur übergeht. Das gefaltete Blatt des Sehnerven geht nach vorn sich entfaltend unmittelbar in die Netzhaut über. Da aber die Ränder der Sehnervenhaut im Sehnerven nicht vereinigt sind, auch im Gehirn einen verschiedenen Ursprung nehmend, so werden sie auch im Auge selbst, wo die Haut des Sehnerven zur becherförmigen Netzhaut wird, nicht vereinigt, sondern nur durch Juxtaposition sich genähert, und die Netzhaut ist daher, wie Rosenthal richtig beobachtet hat, gewöhnlich von der Eintrittsstelle bis zum vordern Rande gespalten. Die Ränder dieser Spalte entsprechen den Rändern des gefalteten Sehnervenblattes. Der obere Rand des letztern b, e geht deutlich in den obern Rand der Spalte g, der untere d f wahrscheinlich in den untern Rand der Spalte über. So also entspricht der obere Rand der Netzhaut an der Spalte der obern innern Wand des Sehhügels, die übrige Netzhaut der membranösen Hülle des Sehhügels im obern, äußern und untern Theile, und der untere Rand an der Spalte entspricht dem Blatte der Commissur. An der Eintrittsstelle des Sehnerven ziehen sich die Falten der Nervenhaut in ein scheinbares Blatt e f zusammen. Dieser Theil liegt aber erst zwischen den Häuten des Auges von der glandula chorioidalis umgeben. Von Innen des Auges betrachtet, entspringt die Sehhaut von jener linearen Vereinigung der Falten der Sehnervenhaut, aber mit einer Spur sehr feiner und sehr kurzer Faserchen, welche gefiedert von der linearen Ursprungsstelle ausgehen. Durch die Spalte der beiden Netzhautränder dringt eine nach innen gebildete Falte der choriodea oder vielmehr des innersten Blattes derselben, als Falte deutlich aus zwei Blättern bestehend, die nach innen vereinigt, nach außen von einander abstehend in die choriodea übergehen, der processus falciformis, der sich mit seiner vordern Endigung durch ein knorpeliges Knöt-

chen, die campanula Halleri an den Rand der Linse (an einer nicht ganz beständigen Stelle, gewöhnlich oben) festsetzt.

* * *

In der folgenden Tafel habe ich eine Uebersicht aller mir bekannten wesentlichen Metamorphosen des Sehorganes zusammengestellt. Das Verhalten der Sehnerven, die Identität und Differenz der Netzhäute oder Gesichtsfelder sind als Grundprincipien der Ordnung billigerweise unterlegt. Alle andern Bildungen werden diesen Veränderungen angereiht. In Beziehung auf die letzteren sind mir die Untersuchungen von Rudolphi, Tiedemann, Sömmering, Treviranus, Rosenthal nützlich gewesen. Wo ich die Angaben Anderer durch eigene Untersuchung bestätigen oder widersprechende berichtigen konnte, habe ich das Zeichen * beigesetzt.

Was von dem Auge der Gasteropoden gesagt ist, gehört den Untersuchungen von Swammerdam und Stiebel an. In Hinsicht dessen, was von den einfachen Augen der Spinnen, Scorpione und Milben so wie mancher Insecten, und was von den zusammengesetzten Augen der Insecten und Krebse bemerkt worden, beziehe ich mich lediglich auf meine eigenen Untersuchungen, welche in einer der folgenden Abhandlungen niedergelegt sind.

7. Vergleichende Tabelle über die Unterschiede der Divergenz der Augen bei den Wirbelthieren.

Die in der folgenden Tabelle verzeichneten Ausmessungen über die Divergenz der Augen bei den Wirbelthieren sind sammt und sonders an Skeletten des anatomischen Museums zu Berlin angestellt. Ihre Richtigkeit beruht auf dem Grundsatze, daß bei den Thieren die Ebene des Augenhöhlenrandes auch zugleich die Ebene ist, auf welcher die Achsen der Augen senkrecht sind. Diese Annahme kann wenigstens als beiläufig richtig gelten; und jede andere Methode die Divergenz der Augen bei einem lebenden Thiere zu ermessen, ist viel unsicherer und schwieriger. Der vordere Winkel in den folgenden Tabellen entsteht also durch die Convergenz der Ebenen der Augenhöhlenränder. Wo der Augenhöhlenrand Vorsprünge hatte, oder unvollständig war, wurde das Mittel genommen. Ueberall und namentlich dort, wo die Ebenen der Augenhöhlenränder nicht allein nach vorn, sondern auch nach oben convergiren, ist der vordere Winkel bei einer horizontalen Lage der Schenkel des Winkelmessers an dem horizontal gestellten Kopfe genommen. Wo die Ebenen der Augen auch nach oben convergiren, ist dieser obere Winkel auch aufgenommen. Bei einigen Meerbewohnern, wie bei den Cetaceen und Meerschildkröten liegen die Augen nicht nur ganz zur Seite, sondern sehen sogar etwas nach unten, wodurch der obere Winkel zu einem untern wird. Dieser untere Winkel ist in der Tabelle in der zweiten Columne mit dem Zeichen V bezeichnet.

6. Uebersicht der Metamorphosen des Gesichtsorganes durch die Thierwelt in physiologischer Beziehung.

I. Dioptrische Augen mit linsenhaften brechenden Medien und becherförmiger Netzhaut.

Bewegliche convergirende Augen, mit beweglicher Convergenz nach der Entfernung der Gesichtsobjecte. Die Sehnerven durchdringen sich ganz im Chiasma; daher subjective Identität der Gesichtsfelder; Identität der Augenachsen und der Sehachsen.

Beweglicher Refractionszustand nach der Entfernung der Objecte. Corpus ciliare; gelber Fleck.

Bewegliche Iris nach Maßgabe des Lichteinflusses und der Entfernung der Objecte.

Der Mensch, die Affen.

Bewegliche divergirende Augen, mit beweglicher Divergenz nach der Entfernung der Gesichtsobjecte. Die Sehnerven durchdringen sich theilweise im Chiasma; daher theilweise subjective Identität, theilweise Differenz der Gesichtsfelder. Sehachsen von den Augenachsen verschieden, unter größeren und kleineren Winkeln bei den verschiedenen Thieren sich schneidend.

Beweglicher Refractionszustand nach der Entfernung der Objecte.

Bewegliche Iris nach Maßgabe des Lichteinflusses und der Entfernung der Objecte.

Sehnerve

faserig.

Corpus ciliare.

Die Säugethiere.

blätterig.

a. Corpus ciliare, pecten, Knochenring.

1. alle Vögel. (Mit gefalteter Netzhaut: *Falco, Vultur, Colymbus, Scolopax* nach Desmoulins.)
2. unter den Amphibien aus dem Geschlechte der Saurier: *Lacerta monitor, Chamaeleo?* (Sömm. Tied. Rudlph.)

b. Pecten ohne processus ciliares; Knochenring.

Lacerta Iguana, L. vulg. Chamaeleo? (S. T. N.)

c. Corpus ciliare, ohne pecten.

1. mit dem Knochenringe: *Testudo.*
2. ohne Knochenring: *Crocodilus, Rana* (S. T. N. *).

d. Ohne corpus ciliare, ohne pecten.

Die Schlangen mit durchsichtiger Kapsel des Auges, deren Epidermis in der Häutung abfällt; das Auge in jener Kapsel durch Vermittelung der Thränen frei beweglich (Blumenb. Sömm. Cloquet *).

häutig.

a. Corpus ciliare.

Aus den Knorpelfischen die Haien (Rud. *).

b. Iris mit dem operculum pupillare ohne corpus ciliare. Die Rochen (Sömm.*).

c. Corpus ciliare, glandula chorioidalis zwischen den Platten der Choriodea.

Der Stör mit einem geschweiften Fortsatz des Sehnerven. (Sömm. Trevir. *)

Bewegliche divergirende Augen, mit unbeweglicher Divergenz. Die Sehnerven mit oder ohne Kreuzung, immer ohne Durchdringung der Fasern oder Blätter, ohne Chiasma; daher Mangel der subjectiven (auch theilweisen) Identität der Sehfelder, vollkommene Differenz derselben; Mangel der Sehachsen im Gegensatz der Augenachsen.

Mit Kreuzung der häutigen Sehnerven.

Processus falciformis chorioideae, durch eine Spalte der Netzhaut durchtretend und sich durch die campanula Halleri an den Rand der Linse befestigend. Glandula chorioidalis zwischen den Platten der chorioidea. Zwei Knochenscheiben der sclerotica.

a. Mit einem corpus ciliare beim Thunfisch, *Scomber Thynnus* (Rosenth.);

mit einer Spur desselben beim Lachs, *Salmo Salar* (Trev.*).

b. Ohne corpus ciliare bei unbeweglicher Iris.

Die meisten Gräthenfische.

Faltige Netzhaut beim Seedrachen u. A. (Desmoulins).

Ohne Kreuzung der häutigen Sehnerven.

Processus falciformis chorioideae, glandula chorioidalis, ohne corpus ciliare.

Der Stockfisch, *Gadus morrhua* (nach P. Camper).

Ohne Kreuzung der faserigen Sehnerven.

a. Processus falciformis chorioideae, glandula chorioidalis, ohne corpus ciliare.

Unter den Fischen gehört wahrscheinlich nach den Untersuchungen von Desmoulins hieher: *Cyclopterus lumpus*, wenn sich die faserigen Sehnerven nicht zu einem Chiasma verbinden?

b. Corpus ciliare; becherförmige Netzhaut, faserig aus dem bulbus des Sehnerven entstehend, mit einem zweiten der innern Fläche der Netzhaut aufsitzenden helleren Pigmente. (Rosenth. Sömm. Trevir.)

Divergirende retractile oder unbewegliche Augen, mit unbeweglicher Divergenz; die Sehnerven ohne Chiasma, ohne Kreuzung. Vollkommene Differenz der Sehfelder. Unbeweglicher Refractionszustand für bestimmte Fernen.

Iris und Pigmentgürtel der Linse, ohne corpus ciliare, ohne cornea.

Die Gasteropoden unter den Mollusken.

1. Retractile, an der Spitze der Fühlhörner aufsitzende Augen.

Cyclostoma, Helix, Limax, Emarginula, Turbo, Conus, Halyotis?

2. Augen an der Seite der retractilen Fühlhörner.

Cerithium.

3. Augen an der Wurzel der Fühlhörner.

Physa, Cypraea, Marginella, Buccinum, Ligaretus, Capulus, Crepidula, Fissurella.

4. Augen am Kopfe.

Aplysia, Voluta.

Statt der Iris ein Pigmentgürtel der Linse, ohne corpus ciliare, mit einer Hornhaut, als Fortsetzung der Hautdecken.

Augen unbeweglich.

Zahl 2 — 3 — 6 — 12 — 30.

a. Wurzeln der Sehnerven getrennt.

Glatte Augen der flügellosen Insecten: der vollkommnen Insecten mit glatten einfachen Augen außer den zusammengesetzten Augen, aus der Ordnung der Orthopteren, Hymenopteren, Hemipteren, Dipteren und Heuropteren; der Araneiden, Scorpioniden und Milben.

Aus den Canceriden Limulus mit glatten einfachen Augen außer den zusammengesetzten.

b. Die Sehnerven in zwei seitlichen Stämmen vereinigt.

Die glatten Augen der Insectenlarven, die glatten Augen am Rande des Kopf-Brustschildes bei den Scorpioniden.

II. Dioptrische Augen, ohne linsenhafte Medien. Glaskörper durch das Pigment getheilt in kegelförmige Fortsätze, welche den Facetten der Hornhaut und den Fasern der kuglichen, nicht becherförmigen Netzhaut entsprechen.

Getrennte Sehnerven; differente Gesichtsfelder; Mangel des deutlichen Gesichtes in verschiedenen Fernen; die Convexität der Augen der Größe des Gesichtsfeldes entsprechend; die Größe des Auges und die Menge der durchsichtigen, durch das Pigment getheilten Kegel der Deutlichkeit des Gesichtes entsprechend; die Form der Augen der Form und Begrenzung des Sehfeldes entsprechend. Nur zwei Augen:

a) unbewegliche zusammengesetzte Augen; alle vollkommenen Insecten, welche eine Metamorphose durchlaufen.

1. dunkle Pigmente; Taginsecten.
2. helle Pigmente. Nachtinsecten.

b) bewegliche zusammengesetzte Augen; die Canceriden.

III. Einfache Augen ohne brechende, die Bilder vermittelnde, Medien; daher nur schlechthin Licht empfindend.

Die rothblütigen Anneliden. Zahl der Augen 2 — 10.

2. *Eunice, Spio, Palmyra, Euphrosyne, Planaria, Hirudo bioculata.*
3. *Hirudo trioculata Carena.*
4. *Piscicola, Hirudo cephalota Carena.*
6. *Hirudo complanata.*
8. *Hirudo octoculata, H. atomaria Carena.*
10. *Hirudo medicinalis, H. provincialis Carena, H. sanguisuga.*

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Säugethiere.		
Vierhänder.		
Cynocephalus Mormon . . .	155°	
Innuus nemestrinus	137	
Innuus ecaudatus (S. Sylvanus) .	158	
Simia satyrus	147	
Cercopithecus Diana . . .	132	
Cercopithecus Aigula . . .	136	
Cercopithecus aethiopicus . .	140	
Cercopithecus sabaeus . . .	139	
Ateles Paniscus	147	
Cebus fatuellus	143	
Cebus Apella	142	
Callithrix capucina	144	
Hapale jacchus	105	
Mycetes	140	
Lemur mongoz	115	
Handflügler.		
Pteropus vulgaris	92	83
Vespertilio myotus	52	52
Insectenfresser.		
Talpa europaea	18	78
Chrysochlorus capensis . . .	69	65
Erinaceus auritus	53	72
Erinaceus Europaeus . . .	53	72

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Sohlengänger.		
Ursus maritimus	97	
Ursus spelaeus	112	
Ursus arctos	88	
Gulo canescens	92	
Gulo borealis	74	
Procyon lotor	111	
Procyon carnivorus	111	
Meles vulgaris	92	
Zehengänger.		
Canis familiaris (Schaafpudel)	84	
Canis familiaris (Haushund)	92	
Canis brachyurus	105	
Canis americanus	93	
Canis brasiliensis	83	
Canis vulpes	87	
Canis lupus	110	
Felis leo	112	
Felis onca	114	
Felis concolor	111	
Felis lynx	112	
Felis catus domest.	105	
Mustela martes	84	
Mustela ferina	86	
Mustela putorius	86	
Mustela brasiliensis	86	
Beutelthiere.		
Didelphis marsupialis	52	95

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Didelphis opossum	58	77
Halmaturus giganteus	47	67
Nager.		
Coelogenys paca	51	84
Cavia cobaya	46	69
Castor fiber	83	124
Lepus cuniculus	31	50
Hystrix cristata	28	51
Hystrix prehensilis	36	63
Georrhychus maritimus	71	111
Georrhychus capensis	81	105
Myoxus avellanarum	78	124
Arctomys citillus	58	76
Arctomys marmotta	45	55
Sciurus cinereus	44	55
Sciurus europaeus	35	58
Mus rattus	41	100
Mus musculus	41	73
Zahnlose.		
Ornithorrhynchus fulvus	71	
Dasypus novemcinctus	9	61
Myrmecophaga bidactyla	37	
Myrmecophaga quadrid.	11	56
Myrmecophaga jubata	6	
Bradypus tridactylus	51	25
Pachydermen.		
Elephas africanus	49	

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Hippopotamus niger	79	
Rhinoceros unicornis	46	
Rhinoceros fossilis	37	45
Tapirus americanus	62	
Sus Scrofa	62	
Sus aethiopicus	76	
Sus Barbirussa	59	
Wiederkäuer.		
Camelus dromas	52	
Camelus bactrianus	58	
Cervus alces	43	
Cervus dama	43	
Cervus capreolus	63	
Cervus tarandus	39	
Cervus simplicissimus	59	
Cervus rufus	56	
Cervus elaphus	58	
Antilope rupicapra	42	
Antilope tragulus	59	
Bos urus	62	
Bos taurus	60	
Einhufer.		
Equus asinus	45	
Equus caballus	$42\frac{1}{2}$	
Amphibien-Säugethiere.		
Phoca groenlandica	96	

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Phoca vitulina	113	
Phoca jubata	64	
Phoca ursina	61	
Trichecus rosmarus	54	
Cetaceen.		
Delphinus Delphis	15	
Delphinus Phocaena (foetus) . .	39	
Balaena rostrata	16	

Vögel.

Vultur Papa	44°	10°
Vultur Aura	30	9
Vultur fulvus	45	0
Vultur percnopterus	37	0
Strix uralensis	74	20
Strix Aluco	71	10
Strix nyctea	73	35
Strix flammea	53	23
Strix Otus	59	27
Falco fulvus	39	43
Falco milvus	26	0
Falco nisus	15	
Falco tinnunculus	17	
Falco subbuteo	38	0
Buceros obscurus	13	0

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Buceros excavatus	10	0
Lanius excubitor	38	6
Psittacus aestivus	29	0
Psittacus scapularis	15	6
Psittacus pertinax	18	8
Psittacus ochrocephalus . . .	20	0
Psittacus erithacus	18	7
Psittacus tuipara	21	0
Psittacus dominicensis . . .	19	7
Psittacus macao	23	159
Psittacus ararauna	14	162
Psittacus sulphureus	20	0

Amphibien.

Chelonier.		
Testudo imbricata	73°	150°V
Testudo mydas	65	13V
Trionyx aegyptiacus . . .	45	105
Saurier.		
Lacerta Monitor	17	77
Lacerta Teguixin	24	85
Lacerta Jguana	13	76
Lacerta denticulata	35	10
Crocodilus niloticus	13	132

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Crocodilus lucius	19	103
Crocodilus sclerops	26	93
Chamaeleo	21	16
Batrachier.		
Rana cornuta	70	130
Rana esculenta	43	117
Rana pipa	46	161
Rana temporaria	44	112
Rana breviceps		95
Hyla margaritifera	70	0
Hyla lactea	23	100
Hyla ranaeformis	50	109
Bufo igneus		130
Bufo marinus	87	82
Ophidier.		
Boa constrictor	39	59
Boa canina	22	21

Fische.

Scieena aquila	53°	82°
	32	89
Cyprinus barbus	32°	91°
Cyprinus carassias	34	45

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Cyprinus rutilus	23	49
Cyprinus auratus	48	145
Esox belone	19	
Polypterus bischir	45	111
Fistularia tabacaria	7	68
Fistularia japonica	14	16
Exocoetus volitans	38	4
Gadus morrhua	22	52
Gadus callarias	34	
Silurus glanis	82	117
Silurus clarias	17	59
Chaetodon Argus	27	9
Zeus faber	21	39
Cottus scorpius	28	91
Cottus scaber	26	136
Coryphaena novacula	26	34
Coryphaena equisetis	35	38
Coryphaena cristata	63	19
Blennius phycis	0	94
	0	98
Echeneis naucrates	38	62
Echeneis remora	33	0
Perca cabrilla	31	97
Perca lucioperea	11	60
Lutjanus brasiliensis	37	47
Labrus fuscus	17	60
Sparus auratus	25	0
Sparus sciandra	47	54
Brama Raji	30	46
Cobitis anableps	40	79
Trigla cuculus	23	

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Trigla hirundo	15	64
Trigla cataphracta	12	51
Scomber sarda	38	12
Scomber rhombeus	26	
Salmo salar	30	8

Man sieht aus diesen Bestimmungen, wie veränderlich die Divergenz der Augenebenen bei den Arten einer und derselben Gattung ist. Ich erinnere an den Unterschied des vordern Winkels bei verschiedenen Arten der Hunde von 83 — 105°, der Gattung Cervus von 43 — 63, der Ameisenfresser von 6 — 37, der Gattung Phoca von 61 — 113, bei Strix von 59 — 74, bei Falco von 15 — 39, bei Boa von 22 — 39, beim Crocodil von 13 — 26, bei Hyla von 23 — 70, bei Gadus von 22 — 34, bei Silurus von 17 — 82, bei Perca von 11 — 31, bei Cyprinus von 23 — 48.

Der obere Winkel ist eben so veränderlich bei verschiedenen Arten derselben Gattung. Er wechselt bei den Papagaien von 7 — 162, bei der Gattung Hyla von 0 — 109, bei Boa von 21 — 59, bei Cyprinus von 49 — 145, bei Cottus von 91 — 136, bei Fistularia von 16 — 68. Die Größe des obern Winkels der Augenebenen steht in keinem bestimmten Verhältniß zur Größe oder Kleinheit des vordern Winkels. Mit der Größe des vordern Winkels steigen aber bei den Thieren die Theile der Gesichtsfelder, welche in beiden Augen gleich sind. Bei den Affen ist jener Winkel am größten und also die Divergenz am kleinsten, bei den Cetaceen und Fischen ersterer am kleinsten. Die Divergenz der Augen wechselt unter den Säugethieren:

bei den Affen von . . . . . 105° — 158°,
" " Fledermäusen . . . . 52 — 92,
" " Insectenfressern. . . . 53 — 111,
" " reissenden Thieren. . . 84 — 114,
" " Zahnlosen . . . . . 6 — 71,
" " Dickhäutigen. . . . . 37 — 79,
" " Wiederkäuern . . . . 42 — 63,
" " Amphibiensäugthieren . 54 — 113,
" " Cetaceen . . . . . 15 — 39;

unter den Vögeln:
vom Nashornvogel bis zur Eule
oder von . 10 — 74;

unter den Amphibien:
bei den Schildkröten von . . . 43 — 73,
" " Eidechsen . . . . . 13 — 35,
" " Fröschen . . . . . 23 — 87,
" " Schlangen. . . . . 22 — 39,

unter den Fischen von 0 — 82.

Wahrscheinlich wechselt die Divergenz der Augenebenen auch in verschiedenen Altern. Ich habe aber wenig Gelegenheit gehabt, darüber etwas Gewisses auszumitteln.

Da aber bei jüngeren Thieren der Kiefertheil des Gesichtes so sehr verkürzt ist und später erst oft zu einer Länge entwickelt, in welcher die jugendliche Bildung nicht mehr zu erkennen ist, so wächst wahrscheinlich bei allen Thieren mit dem Alter die Divergenz der Augen. Bei den Ameisenfressern und den Crocodilen ist mir dieß besonders deutlich geworden. Vielleicht kann man auch hierher rechnen, daß bei dem Foetus von Delphinus phocaena der vordere Winkel 39° beträgt, während er bei einem erwachsenen Delphin anderer Art nur 15° mißt.

8. Von der Desorganisation der identischen und differenten Theile der Sehsinnsubstanz bei dem Menschen und den Thieren.

Nach unsern bisherigen Untersuchungen über die subjective Identität und Differenz der Gesichtsfelder und über die Bildung des Chiasma mögen wir einen Blick werfen auf die gleichzeitige Desorganisation der Sehnerven vor und hinter dem Chiasma. Zuerst aber sind wir genöthigt, alle in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen streng zu trennen in diejenigen, welche an Thieren (mit zum Theil identischen Netzhäuten) und diejenigen, welche an Menschen (mit ganz identischen Netzhäuten) angestellt sind. Es ist offenbar, daß wenn bei den Thieren nur ein kleiner Theil der Netzhäute beider Augen identisch ist, wenn die Wurzeln des Chiasma nur zum geringsten Theil im Chiasma Fasern für die identischen Theile beider Augen abgeben, wenn vielmehr der übrige größte Theil derselben ohne Theilung nur zum Auge der entgegengesetzten Seite decussatim übergeht, daß dann die Erblindung eines Auges und seines Sehnerven auch nur vorzugsweise an der entgegengesetzten Wurzel des Chiasma Theilnahme an der Desorganisation bewirken müsse. So ist mir kein Fall von einem Thiere bekannt, wo nach Erblindung des einen Auges die Wurzel des Chiasma derselben Seite zugleich gelitten hätte. In den von Sömmering an einem Eichhörnchen, zweien Pferden und einem monströsen Schwein, an Hühnern und Enten, von Billmann an einem Hunde, von Rosen-

thal *) an einem Pferde und an einer Dohle gemachten Beobachtungen waren das Augen- und Hirnstück der Sehnerven entgegengesetzter Seiten von der Desorganisation ergriffen. Auch ist aus demselben Grunde begreiflich, warum vorzugsweise nur bei Vögeln, denen in den Versuchen von Magendie das eine Auge zerstört worden, die Wurzel des Chiasma entgegengesetzter Seite geschwunden war. Wenn in ähnlichen Versuchen an Säugethieren nach Verlauf von einiger Zeit überhaupt noch keine Spuren der Desorganisation über das Chiasma hinaus sichtbar waren, so ist dieß um so natürlicher, da bei der bedeutenden Divergenz der Augen der Vögel der größte Theil des Nervenmarks blätterweise zu dem Auge der entgegengesetzten Seite fortschreitet. Bei den höheren Säugethieren aber, an welchen jene Versuche angestellt wurden, mußte, da die identischen Theile der Netzhäute bei der geringern Divergenz der Augen, im Verhältniß zu den differenten aus kreuzenden Faserungen entspringenden Theilen größer sind, die gewaltsame Zerstörung des einen Auges auf die entgegengesetzte Wurzel des Chiasma keinen so merkbaren Einfluß haben. Denn in dieser Wurzel konnte nur der geringe Theil der Faserungen afficirt werden, welcher ohne Theilung aus dem Chiasma zum entgegengesetzten geblendeten Auge übergieng. Der andere Theil der Wurzel, welcher sich im Chiasma für die identischen Theile beider Augen theilt, konnte weniger durch die Blendung des entgegengesetzten Auges afficirt werden, da er nach unserer theoretischen Ansicht der Identität noch einen gesunden Arm in dem andern Auge hatte.

---

*) Diss. anat. de oculi quibusdam partibus, praes. Rudolphi' Gryphiae 1801.

Was die Beobachtungen an Menschen betrifft, so sind diese bekanntlich in Masse widersprechend.

1. In den meisten Fällen waren nach der Zerstörung eines Auges die Sehnerven hinter dem Chiasma gleich, ohne erkennbare vorzugsweise Desorganisation der einen Wurzel des Chiasma. Dahin gehören einige Fälle von Morgagni, ein Fall von Isenflamm, einer von Michaelis, einer von Vesalius, zwei Beobachtungen an Menschen und eine an einem Raben von Wenzel *), mehrere Fälle von Valverda, ein Fall von Vrolik **). Beer ***) sah bei allen denen, die durch

---

*) De penitiori cerebri structura. Observ. IV. p. 116. obs. V. p. 119. obs. VII. p. 120.

**) Memoires sur quelques sujets intéressans d'anatomie et de physiologie. Amsterdam 1822. Memoire sur le retard dans le developpement du tissu osseux et sur l'atrophie des deux nerfs optiques. p. 16. Ich bemerke hier beiläufig, daß Vrolik in diesem schätzbaren Werke einen Fall von einem vierzehnjährigen Kinde, das durch Augenentzündung im vierten Jahre beide Augen verloren hatte, mitgetheilt hat, welcher der durch Gall erhobenen und durch Flourens neuerlich versuchsweise unterstützten Ansicht vom Ursprunge der Sehnerven, auf das Entschiedenste entgegen ist. Obgleich die Sehnerven vor und hinter dem Chiasma und zugleich die Sehhügel geschwunden waren, so waren doch die Vierhügel durchaus normal. Mag das vordere Vierhügelpaar auch einigen Antheil an dem Ursprunge der Sehnerven haben, wie dieß durch vereinzelte Beobachtungen und Versuche wahrscheinlich wird, so sind die Sehhügel dennoch unleugbar die wesentlicheren Ursprungsstellen.

***) Lehre der Augenkrankheiten. Wien 1792. B. II. S. 50.

Entzündung und Eiterung das Auge verloren, den Sehnerven nur bis zum Chiasma geschwunden.

Haben, wie wir bewiesen zu haben glauben, an der Bildung eines Auges beide Wurzeln des Chiasma Antheil, so ist jener Ausgang, der am häufigsten vorkommt, auch der natürlichste, im Falle nämlich der Sehnerve oder die Netzhaut des einen Auges nicht theilweise, sondern in ihrem ganzen Umfange zerstört worden war. Denn unter diesen Bedingungen muß sich die Zerstörung des Sehnerven 1) entweder nur bis zum Chiasma erstrecken, indem nämlich die Wurzeln des Chiasma, außer dem afficirten Arme in dem zerstörten Auge, auch noch den gesunden Arm in dem gesunden Auge haben; oder 2) die Zerstörung erstreckt sich über das Chiasma, aber auf beide Wurzeln desselben gleichmäßig; die Sehnerven sind beide hinter dem Chiasma geschwunden. Wenn auch jede Wurzel des Chiasma für beide Augen in identische Faserungen sich theilt, so kann doch die Zerstörung des einen Auges auf die Integrität der aus beiden Wurzeln des Chiasma zu ihm tretenden Faserungen so groß seyn, daß letztere nicht unversehrt sich erhalten, trotz ihrer gesunden Verzweigungen in dem gesunden Auge.

Die Anatomen haben in den hieher gehörenden Beobachtungen immer nur auf den Unterschied der Wurzeln des Chiasma Rücksicht genommen. Fast Niemand aber hat darauf geachtet, ob in den Fällen, wo die Wurzeln hinter dem Chiasma gleich waren, sie auch im Verhältniß zu den Sehnerven vor dem Chiasma entweder gleich gesund oder gleich geschwunden waren. In einem von Wenzel *) beobachteten Falle hatte sich die Zerstörung

*) a. a. O. S. 114.

von einem Auge aus auf beide Wurzeln des Chiasma erstreckt.

2. In andern Fällen ist nach der Zerstörung des einen Auges der Sehnerve, die Wurzel des Chiasma auf derselben oder auf der entgegengesetzten Seite geschwunden. In Beziehung auf die Bedingungen dieser Verschiedenheiten, welche nicht zufällig seyn können, mangeln uns ebenfalls genauere Beobachtungen. War nämlich in diesen Fällen die Desorganisation nur in einem Theile der Breite des Sehnerven vor dem Chiasma, so kann sie sich auch nicht, wie in den vorher berührten häufigeren Fällen auf beide Wurzeln des Chiasma ausdehnen.

a. So wenn der äußere Theil des Augenstücks des Sehnerven schwand, müßte sich nach unserer theoretischen Ansicht der Organisation des Chiasma die Verbildung nur auf die Wurzel des Chiasma derselben Seite erstrecken, weil diese den innern Theil des gesunden und zugleich den äußern Theil der Markgebilde des verletzten Auges bildet.

b. War aber der innere Theil der Netzhaut oder des Sehnerven vor dem Chiasma vorzugsweise von der Desorganisation ergriffen, so muß letztere sich nur vorzugsweise auf die entgegengesetzte Wurzel des Chiasma ausdehnen, weil diese den innern Theil der Markgebilde des verletzten und den äußern des gesunden Auges durch Theilung ihrer Faserungen bildet.

3. Geht aber endlich die Lähmung vom Gehirne aus, durch ein Leiden der rechten oder linken Hemisphäre und namentlich des Sehhügels oder der seitlichen Hälfte der Vierhügel, so wird, da jede Wurzel des Chiasma an der Bildung beider Augen Antheil hat, Halbsehen in beiden Augen entstehen müssen. Fälle, wo nach der Zerstörung eines Sehhügels entweder nur die entsprechende Wurzel des Chiasma, nicht aber die Augentheile

der Sehnerven afficirt waren, oder die Sehnerven in ihrem ganzen Verlaufe vor und hinter dem Chiasma unversehrt geblieben, haben die Brüder Wenzel *) beobachtet. Nur in einem Falle **) war bei einem Leiden des Sehhügels einer Seite der entgegengesetzte Augentheil der Sehnerven geschwunden.

Es wäre sehr zu wünschen, daß auf alle diese Puncte in späteren Beobachtungen Rücksicht genommen würde, und daß die Beobachter namentlich die Fragen sich stellen:

1. Ob die Desorganisation vom Auge oder vom Gehirne ursprünglich ausgegangen?
2. Ob, wenn die Mißbildung sich vom Auge nur bis zum Chiasma erstreckt, und hinter dem Chiasma kein Unterschied des Sehnerven bemerkbar ist, die Wurzeln des Chiasma nicht vielmehr gleich geschwunden sind?
3. Ob der äußere oder innere Theil des kranken Augenstücks mehr geschwunden sey?
4. Ob, wenn die Mißbildung von der einen Hemisphäre des Gehirns ausgieng und das Augenstück des Sehnerven derselben Seite in Mitleidenschaft zog, die ursprüngliche Desorganisation als fremde Bildung zu betrachten sey, wie dieß in mehreren von Otto ***) und in einem von Prochasca ****) mitgetheiltem Falle statt fand. Solche Fälle sind hier ganz auszuschließen. Die fremde Bildung, alle gesonderten Ge-

---

*) a. a. O. Observ. IX. p. 121. X. p. 122. XI. p. 122.

**) Obs. VIII. p. 121.

***) Neue seltene Beobachtungen zur Anatomie, Physiologie und Pathologie. Berlin 1824. S. 8. ff.

****) Opera minora. T. II. p. 304.

bilde in ihre ausgleichende Einförmigkeit hineinziehend, pflanzt sich auf das Nahegelegene desselben Gewebes fort, ohne in ihrer Verbreitung durch den Ursprung der Theile, welche sie ergreift, bestimmt zu werden.

Besondere Berücksichtigung verdient durch die Genauigkeit der Beobachtung, wie durch die Merkwürdigkeit der Bildung ein von Rudolphi in den Abhandlungen der Academie zu Berlin von 1814 — 15 beschriebener Fall von einem Kinde, wo das rechte Auge fehlte, während das linke wohlgebildet war. Der Sehhügel derselben Seite ist normal; der andere macht nach unten einen Vorfall, und ein von ihm entspringender Fortsatz, gleichsam das Rudiment des fehlenden Sehnerven, dringt wieder in die Hirnsubstanz ein. An der Stelle des Chiasma geht ein dünner Fortsatz quer von dem einen Sehnerven und endigt sich mit seiner Scheide in der harten Hirnhaut *). Dieser Fall ist einer der instructivsten für unsere Theorie von der Bildung und Bedeutung des Chiasma. Die eine Wurzel des Chiasma sehen wir hier an der Stelle des fehlenden Chiasma sich in ihre identischen Arme für beide Augen theilen, wovon aber bald der eine Arm verkümmert, dem fehlenden Auge entsprechend.

---

*) S. Rudolphi's Physiologie. B. II. S. 199.

9. Von der monströsen Monophthalmie oder der Vereinigung der identischen Theile der Sehsinnsubstanz.

Wenn die Wurzeln des Chiasma nicht zur Entwickelung ihrer identischen Theile für beide Augen im Chiasma kommen, so ist die Duplicität der Augen mit identischen Netzhäuten nicht möglich. Mangel des Chiasma, Monophthalmie und Ineinsbilden der identischen Theile oder Nichtentwickelung derselben aus den Wurzeln des Chiasma sind also nothwendig verknüpft. Es treten demnach die differenten Wurzeln des Chiasma, welche in der gesunden Bildung im Chiasma eine Bifurcation für die Formation identischer Netzhäute erleiden, in der monströsen Monophthalmie ohne Chiasma nur schlechthin an einander. Der aus diesen Wurzeln entstandene einfache Sehnerve ist ganz gleich dem einzelnen Sehnerven eines gesunden Auges; denn auch dieser entsteht durch die Verbindung beider Wurzeln des Chiasma. An welcher Stelle aber im einzelnen Fall der Monophthalmie diese Wurzeln sich zu einem Sehnerven anschließen, kann nichts Wesentliches seyn. Während die Grundbedingungen der Monophthalmie sich überall gleich sind, wird in den Beobachtungen ein vielfacher Wechsel jener Vereinigungsstelle bemerkt. Wir werden uns alle mögliche Mannigfaltigkeit dieser Bildung leichter durch eine anschauliche Zeichnung versinnlichen. Die Wurzeln des Chiasma m, n Fig. 10. Taf. I. sind die beiden differenten Hälften des einen Sehorgans. Durch die Bifurcation dieser Theile b d, β δ entsteht Duplicität des Sehorgans. Der Mangel dieser Bifurcation bedingt die Monophthalmie. Dann sind die identischen Theile der beiden Netzhäute, α, α und zu c, γ nicht getrennt; ferner die identi-

schen Theile der Sehnerven b, β und d, δ nicht getrennt; sie fallen zusammen, oder vielmehr sie sind aus den Elementen des einen Sehorganes, den Wurzeln m, n nicht entwickelt. So bilden also letztere, indem sie sich an einander schließen, ohne Chiasma einen einfachen Sehnerven und eine einfache Netzhaut; und zwar

1) Bald ist die Stelle der Vereinigung der beiden Wurzeln m, n die gewöhnliche Vereinigungsstelle derselben zum Chiasma; oder diese treten später, wohl selbst in der einen Augenhöhle erst zusammen. Dahin gehören die meisten bisher beobachteten Fälle von Monophthalmie, welche von de la Rue, Vallisnieri, Heuermann, Haller, Collomb, Eller, Rollof, Otto, Lenhossek, Lobstein Ulrich und Heyman, Knape *) und in der neuesten Zeit von Tiedemann**) beschrieben worden.

Wir können diese Form mit dem Schema Fig. 11. Taf. I. bezeichnen.

x Fig. 11. = b + β Fig. 10.
y Fig. 11. = d + δ Fig. 10.

Als Grenzen für den Wechsel der Vereinigungs-

*) Diss. sistens monstri humani anatomiam. Berol. 1823.

**) Zeitschrift für Physiologie von Fr. Tiedemann, G. R. und L. C. Treviranus, S. 83, 86. II. u. III. Beobachtung. Vergl. ebend. S. 101. Ebend. die Literatur der anderen hier nicht näher bezeichneten Fälle.

stelle der Wurzeln des Chiasma können die drei folgenden Formen betrachtet werden.

2) a. Vereinigung der Sehnerven, der Wurzeln des Chiasma und der Sehhügel. Diese sehr merkwürdige und seltene Verbindung ist von J. Ruben *) nach dem Präparate von einem Pferdefötus im Museum zu Berlin beschrieben und abgebildet.

3) b. Vereinigung der Wurzeln des Chiasma zu einem Sehnerven des einfachen Auges von ihrem Ursprunge aus. Einen solchen Fall beobachtete Otto bei einem Lamm, wo von der untern Seite des vordern Vierhügelpaares nur ein einzelner Sehnerve entsprang, der an seinem Ursprunge doppelt so dick als in seinem vordern Theile war und allmählig gegen das Auge zu dünner wurde. Dahin gehören ferner eine ähnliche Beobachtung von Lenhossek, wo aber der Sehnerve von seinem Ursprunge an gleichförmig war, und ein von Speer**) beschriebener Fall.

4) c. Trennung der Wurzeln des Chiasma bis zu ihrem gemeinschaftlichen Eintritt in die Mitte der hintern Wand des Auges. Fig. 12. Zu dieser Grenze kenne ich nur Annäherungen.

5. Die Sehnerven in ihrem hintern Theile vereinigt, in ihrem vordern für zwei verschiedene Augen der-

---

*) Descript. anatom. cap. foet. eq. Cyclop. Berolin. 1824.

**) Diss. de Cyclopia. Hal. 1819.

selben Augenhöhle getrennt. An zwei Schweinsfötus von Rudolphi *) beobachtet.

6) Die Wurzeln des Chiasma treten, ohne sich zu einem gemeinschaftlichen Sehnerven zu verbinden, an verschiedenen Stellen in das Auge. Dahin gehören mehrere von Littre **), Albrecht ***), Riviera ****), Ullersberger, Borrich, Leveillé und Tiedemann †) beobachtete Fälle. Fig. 13.

Wenn die hier vorgetragene Ansicht von der Entstehung der Monophthalmie richtig ist, so kann es bei den Thieren, bei welchen nur einzelne Theile beider Netzhäute und der Gesichtsfelder identisch sind, auch nur zu einer theilweisen Vereinigung der Netzhäute und der Sehnerven kommen. Fig. 14. ist a b des Auges A identisch mit e d des Auges B. In der monophthalmischen Vereinigung von A und B Fig. 15. sind die identischen Theile a b und e d ineinsgebildet, die differenten Theile c b des Auges A und e f des Auges B schließen sich aber als seitliche Theile des cyclopischen Auges aus; und so entsteht ein in seinem Breitendurchmesser ungewöhnlich großes Auge, während die übrigen Verhältnisse normal bleiben. Wenn wir nicht zu viel Gewicht auf die vorhandenen Beobachtungen über Monophthalmie des Menschen und der Säugthiere legen, so scheint die monströse Vereinigung identischer Theile zur

---

*) In Ruben's Inauguralschrift, S. 12.

**) Mem. de l'acad. des sciences de Paris, 1717. p. 285.

***) Act. nat. cur. 1744. Vol. VII. p. 363. obs. 102.

****) Storia di un monocolo, Bologna 1793. p. 12. in J. Ruben's Inauguralschrift.

†) A. a. O. S. 80. I. Beob.

Monophthalmie bei den Thieren auch um so seltner zu werden, je differenter die Gesichtsfelder in den Thierstufen werden, oder jemehr die Divergenz der Augen zunimmt. Und es dürfte bei den Thieren mit ganz differenten Gesichtsfeldern gar nicht zur Monophthalmie kommen. Diese Betrachtungen über die Entstehung der Monophthalmie sind vielleicht vermögend, auch einiges Licht über einen der schwierigsten Gegenstände der Physiologie, über die Entstehung der monströsen Ineinsbildung anderer Körpertheile oder der theilweisen Duplicität gewisser Theile zu werfen.

IV.

Von dem

natürlichen Doppeltsehen.

1) Vom Doppeltſehen im Allgemeinen.

2) Von den Phänomenen des Doppeltſehens bei einer beweglichen Neigung der Sehachſen.

3) Von der verſchiedenen Deutlichkeit der Doppelbilder.

4) Von den Farbenerſcheinungen beim Doppeltſehen.

1. Vom Doppeltsehen im Allgemeinen.

Daß man unter gewissen Bedingungen ganz in der Sphäre der Gesundheit doppelt sehen müsse, war schon Kepler bekannt. Und schon hat der Jesuit Franciscus Aguilonius, in seiner 1613 zu Antwerpen erschienenen ungeheuren und umständlichen Optik dort, wo er von dem Orte der Bilder redet, die einfachsten Raumverhältnisse des natürlichen Doppeltsehens erörtert. In der Folge ist die natürliche, das gesunde Gesicht so häufig begleitende, Diplopie von den Schriftstellern vernachläßigt worden; oder es sind durch eine mißverstandene Verbindung dieser Phänomene mit anderen eine Menge von unbrauchbaren unvollständigen Beobachtungen eingeführt worden, welche die Physiologie, wie alle ohne Kenntniß des Grundphänomens bearbeiteten, abgeleiteten und zusammengesetzten Phänomene, eher verwirrt als gefördert haben. Besonders um die große Menge solcher unreifen Beobachtungen überflüssig zu machen, um ihre interessanten aber mißverstandenen Resultate von uns abzuweisen oder zu vereinfachen, habe ich es für nöthig gehalten, die Erscheinungen des natürlichen Doppeltsehens, welche Jahrelang meine Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, einer gründlichen Bearbeitung zu unterwerfen.

Zuerst möge aber das angeführt werden, was von Andern seit Kepler und Aguilonius in diesem engern Kreise geleistet worden.

Fragmentarische Andeutungen, die aber dem nicht beikommen, was der Pater Aguilonius über die Raumverhältnisse der Doppelbilder gesagt hat, sind in folgenden Schriften enthalten:

Lucas Din, de visione, quae oculo sit gemino. Jen. 1714.

Le Cat, traité des sens. Amst. 1744.

Wedel, de visione, quae oculo sit gemino, in Halleri disputat. select. T. IV. p. 221.

In dem Werke des Andreas Comparetti: observationes dioptricae et anatomicae comparatae, de coloribus apparentibus, visu et oculo. Patav. 1798. 4. sind artige Beobachtungen über die Farbensäume der Doppelbilder enthalten; allein der Verfasser, wenn er auch den Umfang dieser Phänomene kennt, ist nicht allzutreu in seinen Beobachtungen. Und so hat er auch hier manches Unwahre von den Farbensäumen der Doppelbilder gesagt, indem er zusammengesetzte Phänomene, der bei einer unbestimmten Fixation an dem Rande des objectiven Bildes saumartig erscheinenden Nachbilder und der eigentlichen Farbensäume der Doppelbilder nicht von einander zu scheiden wußte.

(Schulz) Ueber physiologische Farbenerscheinungen in Schweigger's Journal der Chemie und Physik. B. 16.

Diese Abhandlung enthält sehr treue und genaue Beobachtungen über die Farbensäume der Doppelbilder; denen sich in der That wenig zusetzen läßt. Dagegen erfordert das, was über die Raumverhältnisse der Doppelbilder gesagt ist, manche Berichtigung.

Troxler, über Schielen und Doppeltsehen, oder die Polarität des Gesichtssinnes, in Himly's ophthalmolog. Biblioth. B. 3. St. 3. S. 14.

So sehr Troxler's Verdienste um die Physiologie der Sinne im Allgemeinen zu schätzen sind, so ist doch diese Abhandlung mehr geeignet, den unbefangenen Ver-

stand, der sich dem Phänomene nähern und es sich unterwerfen will, zu verwirren, und läßt durchaus keine klare Einsicht in die wahre Verbindung der Erscheinungen zu. Es fehlt nicht an geistreichen Andeutungen, und diese werden wir an seinem Orte, wie sie es verdienen, herausheben; aber diese gehen unter einem Spiel von Gegensätzen unter, und das Ganze scheint, wenn man dem Gesammteindrucke folgen soll, nur um der Polarität willen geschrieben.

Purkinje, über die Einheit der Sehfelder und das Doppeltsehen, in seiner Schrift: Beiträge zur Kenntniß des Sehens in subjectiver Hinsicht. Prag 1819.

Ueber diesen minder vollendeten Theil der vortrefflichen Untersuchungen von Purkinje habe ich mich schon S. 78. ausgesprochen.

In der vorhergehenden Abhandlung haben wir gesehen, welche Theile in den Netzhäuten beider Augen in der Affection identisch sind, und wie eines und dasselbe Sehorgan durch die simultane gleichmäßige Affection seiner identischen Theile in beiden Augen einfach sieht, durch Affection seiner differenten Theile Doppelbilder eines und desselben Gegenstandes sehen muß. Dieß haben wir dort lediglich aus subjectiven Gesichtsphänomene bewiesen. Hier haben wir nun die näheren Bestimmungen dieses Doppelsehens zu untersuchen, wenn die Affection differenter Theile von dem, was wir objectives Licht nennen, ausgeht. Wir werden bald einsehen, daß aus objectiven Gründen die Bedingungen des Doppeltsehens auch da, wo wir einfach sehen, fast nie ganz vermieden werden, und daß es nur an den geringen räumlichen Unterschieden dieser Doppelbilder liegt, wenn ihre Differenz bei dem sogenannten einfachen Sehen nicht zur Perception kommt.

In Fig. 1. Taf. IV. seyen y und n die identischen Mittelpuncte der Netzhäute e f und g h, y c und n c die in dem mittlern Objecte c convergirenden Sehachsen. Die Linie c d sey parallel mit der senkrechten Ebene der Augen, parallel mit a b. Alles von d ausgehende und das linke Auge treffende Licht wird sich in x vereinigen; und zwar ist die Lage des Vereinigungspunctes x durch die Achse des Lichtkegels, welcher von d ausgehend in die Pupille einfällt, oder durch die Linie x d bestimmt. Eben so wird d in dem andern Auge in m entworfen. a, b können beiläufig als die Mittelpuncte der Linsen in beiden Augen betrachtet werden. Wenn nun y und n nach der Voraussetzung identische Stellen und zwar die Mittelpuncte der beiden Netzhäute sind, so liegt m, das Bild von d, in dem einen Auge weiter von dem Mittelpuncte n entfernt, als x, das Bild von d, in dem andern Auge von dem Mittelpunkte y. m und x werden also nicht auf den identischen Theilen beider Netzhäute entworfen, und folglich decken sich die Bilder von c d in beiden Augen nicht vollkommen. Daß aber m n und x y an Größe ungleich seyen, wird leicht zu beweisen seyn. Ein um die Puncte a, b, c zu beschreibender Kreis hat als Sehne a b. Alle auf dieser Sehne gegen die Peripherie zu beschreibenden Kreise, haben gleiche Winkel an der Peripherie. Da nun d außer der Peripherie jenes Kreises liegen muß, so muß $< a d b$ kleiner seyn als $< a c b$, folglich $< c a d$ kleiner als $< c b d$, folglich $< x a y$ kleiner als $< m b n$, und so mit x y kleiner als m n.

Je mehr die Augen convergiren, oder je näher die Gegenstände der Sehweite c d, um so größer werden jene Unterschiede der sich deckender Bilder beider Augen x y und m n seyn; für ferne Gegenstände werden jene Unterschiede verschwinden. Was nun für den Punct d bewiesen worden, gilt für alle von dem Convergenzpuncte der

Sehachsen c entlegenen Puncte der Linie c d; und zwar werden die Unterschiede der Bilder dieser Puncte in Hinsicht ihres subjectiven Ortes um so größer seyn, je näher sie gegen d liegen, um so kleiner, je näher gegen den Convergenzpunct c. Denn alle von der Sehne a b des Kreises a b c gegen c d gefällten Dreiecke haben um so kleinere Winkel an der Linie c d, jemehr diese Winkel gegen d hinfallen.

Nur in dem Falle, wenn die Gegenstände in einem Kreise liegen, dessen Sehne die Entfernung beider Augen a b ist, müssen sich alle Theile des Gesichtsfeldes durchaus auf identischen Theilen der Netzhäute entwerfen, weil nämlich dann, wie es im Wesen des Kreises liegt, $< a d b$ gleich dem Winkel der Sehachsen $= < a c b$ würde.

Jene Unterschiede der Bilder in beiden Augen, welche von den identischen Mittelpuncten gegen die Peripherie der Gesichtsfelder abnehmen, kommen aber darum nicht zur Perception, weil sie zu klein sind, und weil dort, wo sie am größten sind, in der Peripherie der Gesichtsfelder nicht mehr deutlich gesehen wird *).

Indessen werden jene Unterschiede beider Bilder sogleich auffallen, sowohl überhaupt in ihrer Größe als besonders in ihrer Breite, wenn wir einen kleinen Gegenstand, wie etwa ein kleines auf einer hellen Fläche gezeichnetes Viereck mit seitlich gewandten Augen so fixiren,

---

*) Indem die Vereinigungspuncte des Lichtes von seitlichen Ge Gegenständen außer der concaven Fläche der Netzhaut in eine Ebene fallen, welche nur dem Mittelpuncte der Netzhaut angehört, und also die seitlichen Gegenstände nur in sogenannten Zerstreuungskreisen gesehen werden können, die gegen die Peripherie des Gesichtsfeldes zunehmen, andern Theils, indem die seitlichen Theile der Netzhaut auch minder reizbar für den Eindruck sind.

daß beide Augen in verschiedener Ferne von dem Gegenstande sind. Fixiren wir dann eine Seite des Viereckes, so blitzt uns ein schmaleres dem fernern Auge angehörendes Viereck, das breitere an der einen fixirten Seite nur deckend, immer auf. Dazu kommt ein anderer Umstand; um deutlich zu sehen bedürfen wir, bei der verschiedenen Entfernung des Gegenstandes, eines verschiedenen Refractionszustandes. Wir sind hier in demselben Falle, wie wenn wir denselben Gegenstand mit dem einen Auge durch ein Brillenglas, mit dem andern unbewaffnet betrachten. Da, wie wir später beweisen werden, der Refractionszustand der Augen für das deutliche Sehen in bestimmter Ferne auf das Engste an die Neigung der Sehachsen für die Fixation des Gegenstandes dieser Ferne geknüpft ist, in dem gegenwärtigen Falle aber der Refractionszustand beider Augen für denselben Gegenstand verschieden ist, so ist auch die Neigung der Sehachsen zwischen zwei Extremen schwankend, eben so wie bei dem Gebrauche des converen Glases für das eine Auge, während das andere denselben Gegenstand frei ansieht. Entweder sehen wir Doppelbilder von ungleicher Deutlichkeit, bald näher, bald weiter von einander entfernt nach Maßgabe des Schwankens der Convergenz der Sehachsen, oder wir sehen bei der ausschließlichen Thätigkeit eines Auges *ein* deutliches Bild, während das andere erlischt. Nie aber vereinigen sich, weder in dem einen noch in dem andern Falle, die verschieden großen Doppelbilder zu einer mittlern Größe; entweder wird das eine oder das andere allein, oder beide in einander gesehen.

Sind nun unter den Bedingungen des einfachen Sehens, wenn die Sehachsen in dem Objecte der Fixation sich vereinigen, die Unterschiede der seitlichen Theile des Gesichtsfeldes in den Bildern beider Augen zu klein, als daß sie zur Perception kommen, so müssen jene Doppelbil-

der sogleich ganz verrückt werden, und der Unterschied des Raumes zwischen ihnen wachsen, sobald die Sehachsen nicht mehr im Gegenstande convergiren, nicht mehr diesen fixiren.

In Fig. 2. seyen mn und xy die Netzhäute der Augen, a, b die identischen Mittelpuncte; also alle Theile, welche im Auge A von a nach m entfernt liegen, identisch mit den Theilen des Auges B, welche von b nach x gleich weit entfernt sind, ebenso wieder an identisch mit by, nach früher aus subjectiven Gesichtsphänomenen entwickelten Grundsätzen.

Wenn also die Sehachsen in c sich vereinigen, so erscheint c auf den identischen Stellen a, b einfach, d erscheint auch einfach auf den identischen Stellen e und f. Bei einer Convergenz der Sehachsen für c müssen aber alle Gegenstände anderer Entfernungen doppelt erscheinen. So erscheint i im Auge A in g, im Auge B in h. g und h sind aber nicht identisch, denn mit g ist im Auge B o identisch, nämlich um gleich viel vom Mittelpuncte der Netzhaut entfernt; und so also erscheinen die Doppelbilder von i in g und h um die wahre Größe von ag + nb von einander entfernt, d. h. die Entfernung der Doppelbilder verhält sich zum ganzen Gesichtsfelde, wie ag + hb zur Größe der Netzhaut oder in Beziehung auf den Punct der Convergenz, die Doppelbilder liegen um die Sehwinkel irc und csq seitlich der Sehachsen. i erscheint also in p und q in der Ebene des Convergenzpunctes. Da unter gleichen Sehwinkeln die Gegenstände aller Entfernungen an demselben Orte des Gesichtsfeldes erscheinen, so wollen wir uns in der Folge die Lage der Doppelbilder bloß durch ihre Bestimmung in der Ebene des Convergenzpunctes c versinnlichen; wobei wir nicht mehr nöthig haben, uns die Lage derselben in beiden Sehfeldern oder Netzhäuten zu vergegenwärtigen.

So oft wir also Gegenstände verschiedener Entfernun-

gen in demselben Gesichtsfelde sehen, erscheinen uns entweder die einen oder die anderen doppelt, je nachdem diese oder jene nicht in den Kreis fallen, welcher die Augenmittelpuncte und den Convergenzpunct der Achsen umschließt. Den Meisten entgeht bei einer geringen Aufmerksamkeit auf das Seitliche der Gesichtsfelder die Beobachtung jener Doppelbilder, und weil gerade das immer einfach erscheinen muß, worauf wir mit Willen behufs der Fixation die Sehachsen richten, ferner, weil alle Doppelbilder aus später anzugebenden Gründen undeutlich erscheinen. Sind wir aber einmal auf diese Erscheinungen aufmerksam gewesen, so werden sie uns auch immer begleiten. Um ein ganzes Gesichtsfeld in seinen Doppelbildern zu verwirren, dürfen wir nur einen nähern Gegenstand, den vorgehaltenen Finger u. s. w. fixiren. Eine sehr gewöhnliche Bedingung ihrer Erscheinung ist, wenn wir durch ein Fenster sehend bald ferne Gegenstände, bald die Rahmen des Fensters selbst fixiren. Wir sind sogar vermögend eines dieser Doppelbilder willkührlich undeutlicher zu machen und nach und nach zum Verlöschen zu bringen, wovon in dem Abschnitte vom undeutlichen Doppeltsehen das Nähere angegeben werden wird. Allen Menschen sind diese Erscheinungen in der Sphäre der Gesundheit zugänglich, ja nothwendig, mit Ausnahme derjenigen, die, bei einem presbyopischen und myopischen Zustande beider Augen schielend, nur mit einem Auge ausschließlich sehen.

Nur in dem Falle, wenn beide Augen von einem mittlern Lichte gleich beleuchtet werden, sind auch die Doppelbilder gleich beleuchtet. Wenn aber das Licht von den Seiten das objective Bild beleuchtend einfällt, muß auch derselbe Gegenstand durch die Verschiedenheit des von ihm auf beide Augen reflectirten Lichtes in verschieden erhellten Doppelbildern erscheinen. Deswegen hat eines und dasselbe

Object mit seitwärts gewendeten Augen angesehen und fixirt auch eine andere Beleuchtung, als wenn es nur dem einen Auge bei geschlossenem anderm erscheint.

Wo nun die Doppelbilder der Gegenstände sich dekken, scheinen sie, wenn man so sagen darf, durcheinander durch; die Formen des einen sind in den Formen des andern sichtbar; die Farben des einen werden durch die Farben des andern gesehen und beschmutzt, ohne daß es zur Vermischung der Farben käme. Wir vermögen die Beleuchtung und Deutlichkeit des einen zu heben auf Kosten des andern, je nachdem das eine durch willkührliche Bewegung der Augen bald mehr auf den mittlern, bald mehr auf den seitlichen Theil des einen Auges fällt; wobei denn auch des verschiedenen presbyopischen und myopischen Zustandes beider Augen zu gedenken ist.

Wenn wir aber Alles doppelt sehen, was nicht in der Ebene des Convergenzpunktes der Sehachsen liegt, verschiedenen Entfernungen aber andere Neigungen der Sehachsen zukommen, so müssen uns in der Erziehung des Gesichtssinnes jene Doppelbilder von großer Wichtigkeit gewesen seyn. Denn wir mußten lernen, bei welcher Neigung der Sehachsen jeder Gegenstand jeder Entfernung einfach gesehen werde, um im Zustande des Erwachsenen des deutlichen und einfachen Sehens nicht mehr zu verfehlen.

Und somit mögen wir denn auf die Wichtigkeit dieser Erscheinungen aufmerksam gemacht haben. Die Betrachtung derselben ist bisher durchaus vernachlässigt worden und es ist zu verwundern, wie sie die Optik und Physiologie sich haben verleugnen und verschweigen können. Ehe wir uns aber mit einer noch genauern Untersuchung dieser Erscheinungen beschäfftigen, mögen wir diese Art des Doppeltsehens von anderen, von ihr ganz verschiedenen und zum Theil krankhaften scheiden.

1. Scheinbares Doppeltsehen, auf dem undeutlichen Sehen beruhend. Tritt ein, wenn wir kleinere Gegenstände durch einen ihrer Entfernung nicht entsprechenden, verkehrten Refractionszustand des Auges undeutlich sehen. Dann entstehen nämlich von allen Theilen des Objectes auf der nicht in der Vereinigungsweite des Bildes befindlichen Netzhaut die sogenannten Zerstreuungskreise des Lichtes, die um so größer werden, je weniger der Refractionszustand des Auges der Entfernung des Objectes entspricht, und bei kleinen Gegenständen (Kerzenlicht, Sterne, schmale Linien) so wachsen, daß sie an Breite der scheinbaren Größe des Objectes gleichkommen und das Bild desselben gleichsam wiederhohlen. Diese Art des Doppeltsehens ist nur scheinbar; sie verwischt bei größeren Gegenständen nur den Rand, und kann bei kleineren Gegenständen nur täuschen: sie entsteht nicht durch eine Wiederhohlung des ganzen Bildes, sondern durch die Ausdehnung der lichten Puncte zu lichten Kreisen. Natürlich bedarf es zu dieser Art des scheinbaren Doppeltsehens nicht des Zusammenwirkens beider Augen.

2. Scheinbares Doppeltsehen durch Reflexion des Lichtes von dem Augenliedrande. Entsteht, wenn wir helleuchtende Gegenstände bei tiefgesenktem obern Augenliede, wie an dem Rande desselben vorbei betrachten. An dem untern Rande des Gegenstandes entwirft sich dann im Gesichtsfelde ein matter Schimmer in der Projection der lichten Theile des Gegenstandes. Sehr deutlich wird uns diese Art ebenfalls nur scheinbaren Doppeltsehens, wenn wir unter den angegebenen Bedingungen das helle Fenster mit seinen Rahmen betrachten. Bei wulstartigen Degenerationen der coniunctiva palpebrarum, wenn sie die Spalte der Augenlieder verengen, kann diese Täuschung besonders lebhaft werden. Die scheinbaren Doppelbilder entstehen hier immer am untern oder obern

Rande der Gegenstände, und bedürfen nicht des Zusammenwirkens beider Augen.

3. Scheinbares Doppeltsehen durch Inflexion des Lichtes. Wenn wir an scharfen Rändern vorbei die Ränder anderer Gegenstände betrachten, erscheinen die letzteren nicht selten doppelt, einmal gemäß der normalen Bewegung des von ihnen einfallenden Lichtes, zum zweitenmal durch die Inflexion eines Theiles des einfallenden Lichtes an dem vorgehaltenen scharfen Rande.

4. Wahres Doppeltsehen aus krankhafter Veränderung der brechenden Medien des Auges entweder in ihren Flächen oder in ihrer Dichtigkeit. Ausgang der Augenentzündung. Purkinje will durch Druck des einen Auges auch Doppeltsehen bewirkt haben und führt diese Erfahrung auf Brewsters Entdeckung von der Mehrheit der Brechungen in gedrückten Körpern zurück. Sollte wirklich das Gesichtsfeld des andern Auges hier außer Spiel gewesen seyn? Weder Rudolphi noch mir ist es gelungen, durch den stärksten Druck des einen Auges bei geschlossenem andern, Doppelbilder der Gegenstände zu sehen, wenn auch diese sehr ihre Größe änderten.

5. Wahres Doppeltsehen bei dem Unvermögen die Gegenstände verschiedener Entfernungen durch bewegliche Convergenz der Sehachsen zu fixiren. Schielen, nervöse Zustände, Nervenfieber, Trunkenheit, Ohnmacht, Einschlafen. Dieses Doppeltsehen beruht nicht auf einer aufgehobenen Identität der beiden Netzhäute, an deren Möglichkeit ich gar nicht glaube, sondern auf der Lähmung des Vermögens, die Sehachsen in ihrer Neigung genau nach der Entfernung der Gegenstände zu richten.

---

2. Von den Phänomenen des Doppeltsehens bei einer beweglichen Convergenz der Sehachsen.

Diejenige Ebene, in welcher die Gegenstände einfach und ohne räumliche Unterschiede der sich denkenden Bilder beider Augen gesehen werden, ist, wie wir gesehen, kreisförmig und zwar durch denjenigen Kreis bestimmt, in dessen Peripherie der Convergenzpunct der Achsen bei gleicher Neigung derselben den Gegenstand der Fixation trifft, und dessen Sehne die Entfernung der beiden Augen ist. Diese Ebene des einfachen Sehens werde ich hinfort immer den Horopter nennen, nach dem Beispiele des Aguilonius. Ich weiche aber darin von diesem Vorgänger ab, daß Aguilonius den Horopter für eine gerade Linie oder Ebene hält, da doch diese, wie früher bewiesen worden ist, kleinere Unterschiede der beiden Bilder in Hinsicht des Raumes nicht aufheben.

Ist die Entfernung eines Gegenstandes gleichbleibend, die Entfernung des Convergenzpunktes der Sehachsen hinter dem Gegenstande aber wachsend, so steigt die Entfernung der Doppelbilder des Gegenstandes in einem gewissen Verhältniß zur Entfernung des Convergenzpunctes von der Ebene der Augen, und zwar wächst die scheinbare Entfernung der Doppelbilder nicht in der Progression der Entfernungen des Convergenzpunctes, sondern mit der Summe der Sehwinkel, unter welchem jedes Auge den Gegenstand von der Sehachse entfernt sieht.

Fig. 3. Die Augen a, b fixiren in der Entfernung des Horopters fg den Punct c; dann erscheint der nähere Gegenstand o dem Auge a in e, von c entfernt um den Sehwinkel cae, dem Auge b in d, von c entfernt um den Sehwinkel dbc. Die scheinbare Entfernung der Doppelbilder von o ist also gleich der Summe der genannten

Sehwinkel. Ist nun der Convergenzpunct der Achsen noch ferner in z, so wächst der Winkel c a o um den Winkel z a c und ebenso der Sehwinkel des andern Auges, und die Entfernung der Doppelbilder von c ist also ebenfalls gewachsen, und zwar gleich der Summe der Sehwinkel z a o und z b o.

Ist die Entfernung des Convergenzpunctes bleibend, und nimmt die Entfernung des Gegenstandes vor dem Convergenzpuncte ab, oder mit andern Worten, nimmt die Entfernung des Gegenstandes von dem Convergenzpuncte zu, so steigen die scheinbaren Entfernungen der Doppelbilder des optischen Punctes in demselben Verhältniß derselben bezeichneten Winkel.

Die Oertlichkeit der Doppelbilder auf dem hintern einfachen Grunde wird durch die Gemeinschaft der Sehwinkel bestimmt.

Ist die Entfernung eines Gegenstandes gleichbleibend, die Entfernung des Convergenzpunctes der Sehachsen von dem Auge vor dem Gegenstande abnehmend, so wächst die scheinbare Entfernung der Doppelbilder des Gegenstandes im Verhältniß der Summe der Sehwinkel, unter welchen jedes Auge den Gegenstand von der Sehachse entfernt sieht.

Fig. 4. Taf. IV. Die Augen a, b fixiren unter dem Winkel a c b den Gegenstand c; dann erscheint o dem Auge a um den Sehwinkel o a c von der Sehachse entfernt, ebenso o dem Auge b um den Sehwinkel o b c; die Entfernung der Doppelbilder von o ist also gleich der Summe jener Sehwinkel; rückt der Convergenzpunct der Achsen weiter gegen o hin in d; so ist aus gleichen Gründen die Entfernung der Doppelbilder von o gleich der Summe der Sehwinkel o a d und o b d.

In gleichem Verhältniß wächst die scheinbare Entfernung der Doppelbilder, wenn bei bleibender Entfernung

des Convergenzpunctes die Entfernung des Gegenstandes vom Auge wächst.

Die Oertlichkeit der Doppelbilder gegen den Horopter des einfachen Sehens wird hier nicht bestimmt, weil in dem Convergenzpuncte vor dem optischen Puncte keine Gegenstände gelegen seyn dürfen, wenn fernere Gegenstände doppelt erscheinen sollen; wohl aber ist sie bestimmt in Hinsicht der andern Doppelbilder, die von andern Gegenständen in größeren Entfernungen hinter dem Convergenzpuncte entstehen.

Bei sehr entferntem Convergenzpuncte der Sehachsen wird der sehr nahe Gegenstand aus dem Gesichtsfelde verschwinden, weil die scheinbare Entfernung seiner Doppelbilder zu groß wird; wie man sich durch den Versuch leicht versinnlichen kann, wenn man ein Papierblatt mit einem mittlern schwarzen Puncte dicht vor den Augen hält, während man in eine große Ferne zu sehen scheint.

Dasselbe geschieht dem Doppelbilde des sehr fernen Gegenstandes bei sehr naher Convergenz der Sehachsen.

Bei sehr fernem Convergenzpuncte der Augenachsen und sehr großer aber ungleicher Entfernung eines andern Gegenstandes werden keine Doppelbilder von letzterem mehr gesehen, weil für große Entfernungen die Unterschiede der Neigungswinkel der Sehachsen verschwinden.

Die Puncte von Gegenständen jeder Entfernung, wenn sie in die Sehachsen fallen, werden von dem Auge, in dessen Achse sie liegen, in Hinsicht ihrer Oertlichkeit im Gesichtsfelde in dem Convergenzpuncte, von dem andern Auge außer demselben gesehen. Daher erscheinen zwei Puncte dreifach, wenn sie entweder beide in den Sehachsen oder beide zugleich in derselben Sehachse liegen. Schon Pater Aguilonius wußte das.

Fig. 5. Taf. IV. Der Convergenzpunct der Sehachsen für die Augen a, b sey e; dieß erscheint also einfach, wäh-

rend c, d doppelt erscheinen müssen. d wird aber von dem Auge b, in seiner Sehachse liegend, und ebenso c von dem Auge a, in e gesehen. Außerdem erscheint dem Auge b das Bild von c in o, dem Auge a das Bild von d in u. Sind nun c und d durchlöcherte Stellen in einem Papierblatte, durch welche man mit den Sehachsen einen fernern Gegenstand e fixirt, so hat man das berühmte aber sehr einfache Scheinersche Experiment. Alles in dem Horopter e wird einfach erscheinen. Alles hinter und vor demselben und also auch die durchlöcherten Stellen erscheinen doppelt, und zwar vierfach, wenn sie außerhalb der Sehachsen liegen, dreifach aus angegebenem Grund, wenn durch sie selbst fixirt wird. Manche Beobachter haben in dem letztern Falle die beiden seitlichen Doppelbilder, weil sie ganz zu den Seiten der Gesichtsfelder undeutlich erscheinen, übersehen, so Wedel in einem ähnlichen Versuch mit brennenden Kerzen, und Purkinje, wie schon S. 78. angeführt worden.

In der Convergenz der Sehachsen vor dem Bilde liegen die einem Auge entsprechenden Doppelbilder auf der Seite desselben Auges, umgekehrt in der Convergenz hinter dem Bilde.

Die Größe der Doppelbilder wird verschieden, sobald der Gegenstand in ungleicher Entfernung von beiden Augen liegt, und zwar: in der Convergenz der Sehachsen vor dem Bilde erscheint unter diesen Umständen jedesmal das äußerste Bild am größten, umgekehrt in der Convergenz der Sehachsen hinter dem Bilde.

Aendert die Ebene unserer Augen ihre Lage gegen den wahren Horizont, so verschieben sich die entstandenen Doppelbilder schief nach oben und unten gegen den wahren Horizont. Das Verhältniß der Verschiebung ist gleich dem Verhältniß der Verschiebung der horizontalen Augenebene gegen den wahren Horizont. Wir haben also bei

einer horizontalen Haltung des Kopfes in der Verschiebung der Doppelbilder ein bestimmtes Maaß zur Ermittelung der wahren horizontalen Lage äußerer Gegenstände.

Bei der Convergenz der Sehachsen hinter dem Bilde hat der Theil des Bildes, welcher in jeder beliebigen Entfernung von den Sehachsen eingeschlossen wird, seine Doppelbilder neben einander. Alles was innerhalb der Sehachsen liegt und diese nicht erreicht, erscheint in seinen Doppelbildern von einander getrennt. Alles was über die Sehachsen hinausliegt, erscheint in der Mitte des Sehfeldes mit seinen Doppelbildern zum Theil sich deckend.

In Fig. 6. Taf. IV. vereinigen sich die Sehachsen in der Linie k t. c d e das Bild vor dem Convergenzpunkte. c d wird von b in k n, von a in m i gesehen. In m n liegen doppelte Bilder. d e wird von a in i t, von b in n l gesehen. Wenn also c d schwarz, d e weiß, so liegt in k m einfaches Schwarz, durch welches die Bilder des Horopters k t durchscheinen, in m n Schwarz in Schwarz, in n i Weiß in Schwarz, in i l Weiß in Weiß, in l t einfaches Weiß.

Unter gleichen Bedingungen liegen in Fig. 7. in t u einfaches Weiß, in u v einfaches Schwarz, in v x Schwarz in Weiß, in x y Weiß in Weiß, und s. f. Und liegt in der Ebene t β noch ein Bild als Hintergrund, das wir grün nennen wollen, so erscheint in t u Weiß und Grün, in u v Schwarz und Grün, in v x Schwarz in Weiß, in x y Weiß in Weiß, in y w Schwarz in Weiß und s. f. Auf welche Weise verschiedene sich völlig deckende Doppelbilder in ihren unvermischten Farben abwechselnd gesehen werden, ist später näher zu erörtern.

Mögen wir uns nun auch die Raumverhältnisse der Doppelbilder welche bei der Fixation eines näheren Ge-

genstandes entstehen, in der Anschauung vergegenwärtigen.

In Fig. 8. Taf. IV., wenn die Vereinigung der Sehachsen in dem Bilde c d, sind die Beziehungen des einfachen Bildes c d und des doppelt gesehenen Horizontes i f folgende.

In c d kann nichts von dem gedeckten Horizonte, weder von a noch b, gesehen werden. In d i erscheint g f von b gesehen, in d v erscheint e f von a gesehen. Wenn wir also c d schwarz, den Horizont i f weiß setzen, so ist in c d, da h g von keinem Auge gesehen wird, ein ungetrübtes Schwarz. In d v ist Weiß in Weiß des Horizontes, in v i einfaches Weiß des Horizontes, so lange der begrenzte Horizont e f nicht wieder in Beziehung auf einen fernern Horizont, der das Gesichtsfeld ausfüllt, betrachtet wird.

So lange c d größer ist als die Entfernung der beiden Augen a und b, oder so lange c d = a b, kann h g nicht im Bilde erscheinen, so fern oder nah der Horizont i f auch rücken mag.

So wie aber c d kleiner als die Entfernung der Augen a und b wird, hängt es allein von der Entfernung des Horizontes i f ab, in wie fern der nicht gesehene Theil h g größer oder kleiner wird. Seine Größe steigt im geraden Verhältniß der Entfernung des Horizontes. Sobald demnach die projicirten c a und d b in ihrem Durchkreuzungspuncte den Horizont e f aufnehmen, wird h g = o. Der ganze Horizont erscheint dann in Doppelbildern.

In Fig. 9. Taf. IV. ist der Horizont über den Convergenzpunct von h b und g a hinausgerückt.

Wenn also die Sehachsen in c d convergiren, so erscheint, neben dem einfachen Bilde des Horopters c d, in d i der Theil des Horizontes h f, desselben Theiles kleinerer Theil e f erscheint von a gesehen wieder in d v, und bei gleicher Bezeichnung liegt in c d des Bildes einfaches

Schwarz, in d v Weiß in Weiß, in einander auf identischen Theilen, in v i aber einfaches Weiß, so lange nicht hinter dem begrenzten h f ein größeres Gesichtsfeld mit seinen nach Gesetz auf die Ebene des Convergenzpunctes geworfenen Bildern sichtbar wird.

In diesen Gesetzen der Perspective für 2 Augen verändern die Doppelbilder ihre Localität nach der Entfernung des Convergenzpunctes und der in ihm gelegenen Bilder und nach der Entfernung der verschiedenen Horizonte hinter dem Convergergenzpuncte, oder umgekehrt im andern Falle nach der Entfernung des Convergenzpunctes ohne fixirte Gegenstände und der vor ihm gelegenen Objecte. Viel einfacher aber werden die Erscheinungen der Doppelbilder, wenn die Entfernung des Convergenzpunctes in Bezug auf die Bilder nicht durch die freie Action der Augenmuskeln, sondern durch Fingerdruck bestimmt wird. Ich will nur ein Beispiel nehmen, um auch hier das Nothwendige in dem Erscheinen der Doppelbilder nach den Gesetzen der Perspective und der physiologischen Identität nachzuweisen.

Wir haben in Fig. 7. Taf. IV. das Ineinander und Nebeneinander der Doppelbilder als in dem bestimmten Fall so und nicht anders nothwendig erörtert. Unter den dort gegebenen Bedingungen liegt in t u einfaches Weiß, in u v einfaches Schwarz, in v x Weiß in Schwarz, in x y Weiß in Weiß, in y w Schwarz in Weiß, in w α einfaches Schwarz, in $\alpha\beta$ einfaches Weiß.

Wird nun dieselbe Convergenz der Sehachsen, die in jenem Falle durch die freie Action der Augenmuskeln ausgeübt wurde, durch den Fingerdruck an der innern Seite der beiden Augäpfel bewirkt, so daß der Convergenzpunct über den Gegenstand e f in die Linie t β gerückt wird, so muß durch die an der innern Seite angedrückten Finger ein Theil der Gesichtsfelder beider Augen und

zwar an der innern Seite bedeckt werden. Dieser Verlust ist nach der Stärke des Druckes veränderlich. In Fig. 7. ist er z. B. so stark, daß dem Auge a das Feld $y\beta$, dem Auge b das Feld t x genommen wird; alle Doppelbilder, die an diesen Stellen von dem einen oder andern Auge gesehen wurden, fallen weg, und es ist so gut, als sehen die Augen an dem Kegel $a\gamma b$ vorbei. Es erscheint also im Horizont in t y der Theil e c, in $x\beta$ der Theil d f, welche Bilder sich in x y decken. In t x liegen also einfache Bilder mit reinen Formen ohne Vermischung, in x y doppelte Bilder in einander, in $y\beta$ wieder einfache Formen.

Dieser anschaulichen Darstellung entspricht ganz der Versuch. Wenn man in einem Zimmer, nach der Wand hinsehend, durch Fingerdruck an der innern Seite der Augäpfel die Sehachsen zu entfernter Durchkreuzung zwingt so verschwindet dem Gesichte der mittlere Theil des Gesichtsfeldes = c d; und die Seitenwände so wie die Seitentheile der mittlern Wand rücken im Verhältniß der Stärke des Druckes gegen einander, bis sie sich endlich berühren. Man kann auf diese Weise durch verstärkten Druck in der Mitte des Gesichtsfeldes immer mehr und mehr vernichten. Wenn vor und hinter dem Convergenzpuncte Körper gesehen werden, so erscheinen ihre Doppelbilder nach denselben Gesetzen, wie in den einfachen Fällen.

Wenn in Fig. 10. Taf. IV. der Durchkreuzungspunct der Sehachsen in u, die Gegenstände in e und o, so muß, da alle Bilder in der Ebene des Decussationspunctes der Achsen scheinbar sind, o für a in c, für b in d, e für a in m, für b in n erscheinen. Setzen wir nun den Decussationspunct der Achsen in der Linie x y, so erscheint o und alle Puncte, welche in a q liegen, für a in q; in demselben q sind e und alle Puncte, welche in e q lie-

gen, für b sichtbar. Auf der andern Seite erscheint o und alle Puncte in der Linie p b dem Auge b geboten, diesem in p; in demselben sind e und alle in der Linie e p gebotenen Puncte für a sichtbar. Die Doppelbilder von o und e erscheinen demnach sich deckend in p und q.

Auf gleiche Weise: sind die Gegenstände, welche vor dem Decussationspuncte liegen, durch Zwischenräume getrennt und lassen den hinter dem Convergenzpuncte liegenden Horizont durchscheinen, so ist nach demselben Princip eine vielfache Complication der Doppelbilder möglich.

Der complicirteste Versuch wird uns nun nach dem Vorausgeschickten nicht mehr verwirren. Wir können in ihm keine neuen Aufschlüsse erwarten; er ist uns überflüssig und wird mit besonderer Absicht nur erläutert, um auch hier zu zeigen, wie unzweckmäßig man auf ähnliche Weise eine Menge von zusammengesetzten optischen Experimenten erdacht hat, um aus den unerklärbar gewordenen Phänomenen einfache abzuleiten. Die Schriften der Physiologen aus einer Zeit, wo sich Physiologie und Optik ungesellig in die Untersuchung über das Sehen theilten und ohne gegenseitige Durchdringung wiederum von einander entlehnten, tragen häufig genug solche verwirrende unfruchtbare Versuche an der Spitze.

Wenn man ein Blatt mit einem viereckigen zollgroßen Loche in der Entfernung von 18 Zoll vor den Augen und einige Zoll vor einem andern beliebigen Gegenstande hält, so aber, daß ein dritter dünner Körper, ein Stäbchen, zwischen dem Papier und der hintern Wand sich befindend, in dem Convergenzpuncte der Augen durch die Oeffnung des Papiers fixirt werde, so wird das Stäbchen, so lange man es durch den mittlern Theil der Oeffnung sieht, unverändert, seine Localität auf der hintern Wand behaupten. Sobald man aber Seitenbewegungen mit dem Papiere machend, einen der Sei-

tenränder der Oeffnung dem ruhenden Stäbchen nahe führt, ohne daß das Papier eine größere Entfernung von der Ebene der Augen einnehme, wird das Bild des Stäbchens plötzlich an einer gewissen Stelle seine Localität gegen die hintere Wand ändern, es wird durch die Oeffnung in einer mehr seitlichen Stelle der hintern Wand gesehen werden. Nach der Bewegung des Papiers hat also das Bild des Stäbchens, durch die Oeffnung gesehen, drei verschiedene, aber bis zu einer gewissen Grenze constante, Localitäten, einmal, so lange mehr der mittlere Theil der Oeffnung auf das Stäbchen fällt, auf dem mittlern Theile der hintern Wand, dann aber plötzlich auf einem mehr seitlichen Theil derselben, sobald ein gewisser Theil der Oeffnung in der Bewegung mit dem Stäbchen congruirt. Wir mögen nun, nachdem wir von dem Einfachen ausgegangen, den complicirten Versuch auf die einfache Darstellung zurückführen.

Da der Convergenzpunct hinter dem Loche des Papiers auf dem Stäbchen ruht, so wird, nach dem Grundgesetz des Doppeltsehens, sowohl das Loch, als das ganze Papierblatt vor dem Decussationspunct doppelt gesehen werden müssen. Daß dem so sey, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man das Papierblatt bei unverrücktem Convergenzpuncte den Augen näher bringt. Das Loch wird nämlich dann doppelt und durch einen Streifen Papier getrennt erscheinen, welcher letztere um so größer wird, je näher man das Blatt den Augen bringt. In der ursprünglichen Entfernung des Blattes sieht man also ein Bild des Loches in dem andern, diese Bilder zum Theil sich deckend; und es muß daher das Loch größer erscheinen als es wirklich ist, je nachdem ein größerer oder geringerer Theil seiner Bilder sich decken. In der That, wenn man ein Auge schließt, erscheint das Loch sogleich in seiner natürlichen geringern scheinbaren Größe. Oder auch,

wenn man die Ebene der Augen in der Richtung nach oben und unten verrückt, so erscheinen die Doppelbilder der Oeffnung in ihrer natürlichen scheinbaren Größe neben und über einander.

Wenn also in Fig. 11. c d die Oeffnung des Papierblattes, x der Convergenzpunct in dem Stäbchen, y z der schließende Theil des Horizontes hinter dem Convergenzpuncte, so erscheint die Oeffnung c d für a in m p, für b in l n des Horizontes, wenn gleich die scheinbare Größe von l n und m p = 2mal c d, da l n mit c d gleichen Sehwinkel l b n hat. Die scheinbare Größe der Oeffnung unter diesem Convergenzpunct ist also = dem Sehwinkel des gedeckten Theiles m n + dem Sehwinkel von n p + dem Sehwinkel von l m, oder = < m a n + 2 × < n a p, da die scheinbare Größe des Loches, wenn der Convergenzpunct auf der Ebene des Papierblattes ruhte, = < c a d oder < m a n + < n a p wäre. Unter dem gegebenen Convergenzpuncte ist also die scheinbare Größe des Loches um < n a p größer.

Die Hinterwand y z wird in Beziehung zum Convergenzpuncte x doppelt gesehen. Rückt nun das Blatt nach der Seite, so daß etwa der Rand c des Loches in u sey, so kann x (von c u bedeckt) nicht mehr von a gesehen werden, auch nicht der Theil der Hinterwand v n. Dieser Theil wird also blos von b gesehen, und zwar nicht als Doppelbild, sondern als einfaches in einem ganz andern Localitätsverhältniß. Wie weit nun c u vorrücke, dieses Locolitätsverhältniß der Hinterwand zu x bleibt, bis endlich x auch nicht mehr von b gesehen werden kann.

Die relative Ausdehnung der drei Localitäten, in denen x unter solchen Umständen gesehen wird, steht in einem bestimmten Verhältniß zur Entfernung des Blattes von der Augenebene, ferner in einem bestimmten Verhältniß zur ursprünglichen Größe der Oeffnung c d, so daß bei

bedeutender Größe derselben die mittlere Localität bei der Seitenbewegung des Blattes am längsten bleibt, und die seitliche Localität erst eintritt, wenn v b ganz nahe an x gerückt ist.

Warum eine Linie, die senkrecht auf die senkrechte Ebene der Augen innerhalb der Entfernung beider Augen fällt, den Augen als Kreuz oder Winkel erscheine? Wie der Decussationspunct der Winkellinien oder des Kreuzes mit dem Convergenzpuncte der Achsen zusammen falle, wie das Kreuz der Linien zum Winkel werde, wenn der Convergenzpunct in den Anfang oder das Ende der Linie fällt? Die Nothwendigkeit dieser Erscheinungen läßt sich aus dem einfachen Gesetz der Perspective für ein Auge einsehen, daß nämlich jede auf die Ebene der Augen senkrecht fallende Linie und Fläche von dem einen Auge schief gesehen werden müsse. In unserm Falle bestimmt der Convergenzpunct die Durchkreuzung der beiden Doppelbilder, die als ineinander gesehen werden müssen, sobald sie in der horizontalen Ebene der Augen liegen, als nebeneinander in bestimmtem Winkel sich durchschneidend, sobald sie über die horizontale Ebene der Augen hinausfallen.

Das ist zu einleuchtend, als daß man eine anschauliche Darstellung, die wegen der Vielheit der Ebenen in der Voraussetzung auf der einfachen Ebene der Tafel sehr schwierig und mühsam ist, wünschen könnte.

* * *

Wie sich die Doppelbilder bei einer unendlich fernen Convergenz der Sehachsen oder beim Parallelismus derselben verhalten, wird uns zu bestimmen keine Schwierigkeit mehr machen. In die Mittelpuncte der Netzhäute fallen Gegenstände, welche in der Richtung der Sehachsen liegen; also Theile, deren wahre Entfernung von einander

gleich der Entfernung der parallelen Sehachsen, oder gleich der wahren Entfernung der Augenmittelpuncte ist, fallen im subjectiven Gesichtsfelde zusammen. Da nun jene Entfernung in der äußern Gesichtswelt, je weiter entrückt, in scheinbarer Größe um so kleiner wird, so fällt für die fernsten Gegenstände jener Unterschied ganz weg, und bei parallelen Sehachsen müssen die fernsten Gegenstände einfach gesehen werden. Die Unterschiede der Bilder beider Augen werden aber um so größer, je mehr die scheinbare Größe der Gegenstände wächst, welche zwischen den parallelen Sehachsen inneliegen, oder je näher die Objecte dem Auge sind. Der räumliche Unterschied der Doppelbilder beträgt immer so viel, als der Sehwinkel des zwischen den Sehachsen begriffenen Theils der Objecte vom ganzen Gesichtsfelde einnimmt.

Bei divergirenden Augen, deren Netzhäute vollkommen identisch sind, welche also nicht wie die Augen der Thiere, sondern durch Schielen divergiren, sind beide subjectiv vereinte Sehfelder fast ganz verschieden. Jedes Auge sieht andere seitliche Gegenstände, und von den rechten und linken seitlichen Gegenständen fällt dasjenige subjectiv räumlich zusammen, dessen Bilder auf identischen Theilen beider Netzhäute entworfen werden; und können bei einer geringern Divergenz mittlere Gegenstände gesehen werden, welche doppelt erscheinen müssen, so müssen alle Puncte solcher Gegenstände, welche sich in den Doppelbildern entsprechen, soweit im Sehfelde entfernt von einander liegen, als die Sehwinkel in Summe betragen, unter welchen sie von beiden Augen von den Sehachsen seitwärts entfernt gesehen werden.

3. Von der verschiedenen Deutlichkeit der Doppelbilder.

Da das Doppeltsehen von einem deutlichen und einfachen Sehen in einer andern Ferne abhängt, so sind alle Doppelbilder nothwendig undeutlich, und zwar um so undeutlicher, je größer der Widerspruch der wahren Entfernung der doppelt gesehenen Gegenstände und der wahren Entfernung des Horopters ist. Es ist schon früher bemerkt worden, daß die Doppelbilder beider Augen in der Regel, und zwar vorzüglich bei seitlich einfallendem Lichte, in der Beleuchtung oder Intensität ihrer Farben verschieden seyen. Diese Verschiedenheit nimmt zu, je mehr die Augen bei einer convergirenden Stellung unter verschiedenen Winkeln von dem seitlich einfallenden und von dem Objecte des Doppeltsehens reflectirten Lichte beleuchtet werden.

Es ist auch schon früher beiläufig bemerkt worden, daß eines der Doppelbilder willkührlich unterdrückt werden könne. Davon ist der Grund hier näher anzugeben. Haben die Augen eine solche Stellung in der Fixation eines Gegenstandes oder durch willkührliches Schielen, daß ein anderer näherer oder fernerer Gegenstand zwar in der Richtung der Achse des einen Auges, aber außerhalb der Sehachse des andern gelegen ist, oder wenn Fig. 5. Taf. IV. a e und b e die Sehachsen, c der Gegenstand des Doppeltsehens, so müssen nothwendig die Doppelbilder in der Deutlichkeit verschieden seyn, weil das eine in die Mitte des einen Auges, das andere in dem andern Auge auf einen seitlichen Theil des Gesichtsfeldes fällt; und zwar wird die Undeutlichkeit des einen Bildes zunehmen mit der Größe der Entfernung der beiden Doppelbilder, oder mit der Zunahme des Winkels c b e, oder mit der Entfernung

des Horopters von dem Gegenstande des Doppeltsehens, während dieser in der Sehachse des einen Auges bleibend ist. So kann durch willkührliche Bewegung der Augen eines der Doppelbilder immer mehr auf einen seitlichen Theil des Sehfeldes gebracht werden, während das andere seine Lage in der Mitte desselben behauptet oder der Sehachse näher bleibt.

Das schwächere Bild, auch ohnehin schon als Doppelbild undeutlicher als ein anderes Bild des Horopters, verschwindet endlich ganz, wird von dem deutlichen Grunde absorbirt, wie denn alle auf den Seitentheilen des Gesichtsfeldes entworfenen Bilder nach einem kurzen Eindrucke bald erlöschen *). Werden die Doppelbilder auf irgend einem Grunde gesehen, der nicht ihnen gehört, so bedecken sie diesen im subjectiven Sehfelde ganz, ohne daß die Farben des Grundes mit den Farben der Doppelbilder sich zu einer Mittelfarbe vereinigen; vielmehr leuchtet bald die Farbe des Grundes, bald die des Doppelbildes durch die gemeinsamen Grenzen durch. Dasselbe geschieht, wenn verschieden gefärbte Theile der Doppelbilder im gemeinsamen Gesichtsfelde sich decken. Nur theilen sich beide Bilder desselben subjectiven Ortes ihre Helligkeit und Dunkelheit ausgleichend mit. Vergl. S 80 ff. vom Sehen durch gefärbte Gläser. Wo aber gleich gefärbte Doppelbilder über einander wegtreten, kann der Grund nicht mehr durchscheinen, weil hier nicht wie im andern Fall, wo das Doppelbild des einen Auges den Grund bedeckt, der Grund von dem andern Auge frei gesehen wird, sondern beiden Augen an derselben Stelle der Grund bedeckt ist. Wo also gleich gefärbte Doppelbilder über einander wegtreten, ist die Farbenintensität rein erhöht.

Wir gedenken hiernächst einer höchst merkwürdigen Er-

*) Troxler.

scheinung in dem vorherrschenden Eindrucke eines der sich deckenden Doppelbilder, welcher weder durch das Hellere oder Schattigere desselben, noch durch seine Uebereinstimmung oder seinen Widerspruch mit der Helligkeit und Schattigkeit des ganzen Gesichtsfeldes entstehen kann, daß nämlich, wo sich helle und dunkle oder verschieden gefärbte Doppelbilder decken oder zum Theil über einander wegtreten, die Grenzen derselben immer in ihren Farben vorherrschen, während der über die Grenze der andern Farbe fortschreitende Grund in seiner Farbe verschwindet, um da wieder über die Farbe eines andern Doppelbildes sich zu erheben, wo er Grenze, dieses aber fortschreitenden Grund bildet.

Man führe die aneinander liegenden Felder e c d f Fig. 7. Taf. IV. als Gelb, Blau, Gelb, durch Schielen so über einander weg, daß in u v reines Blau des freien Doppelbildes, in u x Gelb in Blau der sich deckenden Doppelbilder, in x y intensives Gelb der sich deckenden Doppelbilder gesehen werde; so erscheint das Gelbe i k an dem Rande i oder v vorherrschend, wo es den blauen Grund l m zu decken aufhört und mit dem reinen ungedeckten Blau u v im Gegensatze steht; und eben so ist in v x, wo Blau und Gelb sich decken, das Blaue an dem Rande m vorherrschend, wo es Grenze bildet über dem fortschreitenden Gelben. An dem einen Rande ist also das Gelbe, an dem andern das Blaue vorherrschend, während sich die eine und andere Farbe schmutziger bis zur Hälfte bewegt, oder auf Kosten der andern bald einen größern bald einen kleinern Theil jenes Feldes der sich deckenden Doppelbilder einnimmt. Dieses Schwanken allein ist von dem Streite der beiden Gesichtsfelder überhaupt und von dem Widerspruch oder der Uebereinstimmung des hellern und dunklern allgemeinen Gesichtseindruckes mit dem partiellen auf den identischen Stellen abzuleiten.

Solche Verhältnisse haben wir auf der fünften Tafel zur Anschauung gebracht.

---

4. Von den Farbensäumen der Doppelbilder.

Die pathologischen Schriftsteller erwähnen der farbigen Säume, mit welchen die Gegenstände in verschiedenen nervösen Zuständen umgürtet erscheinen *). Auch sind die Farbensäume als eine *suffusio visus* mit in die Vorboten des schwarzen Staares aufgenommen, obgleich sie viel häufiger, von diesem unabhängig, vielmehr ein besonderes Leiden des Ciliar-Nervensystems beurkunden, und auch, wo sie dem schwarzen Staare vorausgehen, doch nicht zunächst von der Netzhaut abhängen, wie im Verfolge dieser Untersuchung klar werden wird. In dieser Beziehung unterscheiden sich die Farbensäume wesentlich von dem krankhaften Farbensehen oder der Erupsie der ophthalmologischen Schriftsteller, deren Grund unmittelbar in der Netzhaut zu suchen ist. Die Farbensäume sind aber durch die Bedingungen, unter welchen sie krankhaft erscheinen, so gut, wie das natürliche Doppeltsehen, bei einiger Beweglichkeit des Auges im Zustande vollkommner Gesundheit des Sehorganes darstellbar; ja sie begleiten sogar überall das Gesicht in eine Ferne, welcher der Refractionszustand der

---

*) Von den Farbensäumen im Schwindel, in der Epilepsie, in der Hysterie Cael. Aurel. morb. chron. L. I. C. IV. p. 292. ed. Amst. Sennert, med. pract. L. I. P. II.

brechenden Medien nicht entspricht; sie begleiten immer das undeutliche Sehen und die Doppelbilder. Die nächste Ursache jenes Phänomenes als krankhaften ist aber von den Schriftstellern ganz übersehen worden, und man hat ein mit der Lähmung der innern Veränderungen des Auges für verschiedene Fernen nothwendig verbundenes symptomatisches Phänomen als das wesentliche der Krankheit oder als unmittelbares in der Netzhaut selbst begründetes Symptom einer andern Krankheit angesehen.

Wir sehen die Gegenstände durch die brechenden Medien des Auges so lange achromatisch, als die inneren Veränderungen des Auges mit der Entfernung der Objecte genau übereinstimmen. Wenn aber der Refractionszustand des Auges auf eine andere Ferne gerichtet ist als die Ferne des angeschauten Objectes, erscheinen um die Gegenstände jene Farbensäume, die wir, um sie von andern Phänomenen leichter zu unterscheiden, subjective dioptrische Farben nennen wollen. So wenig wie die Doppelbilder überhaupt kommen auch die dioptrischen Farbensäume gewöhnlich zur Perception, eben weil wir bei einer genauen Fixation die Gegenstände durch Adaptation des Refractionszustandes auch deutlich sehen. Da aber in den Phänomenen des natürlichen Doppeltsehens der Refractionszustand der brechenden Medien des Auges nur der Entfernung des Horopters entspricht, so erscheinen alle Doppelbilder von Gegenständen vor und hinter dem Horopter wie undeutlich, so auch in Farbensäumen. Doppelbilder sind also nothwendig nie achromatisch.

Der Pater Scheiner scheint die dioptrischen Farbensäume zuerst beobachtet zu haben. Göthe sind sie entgangen, obgleich sie eigentlich die Grundphänomene der objectiven dioptrischen Farben sind, welche durch den Gebrauch brechender Mittel entstehen. Wären sie aber bekannt gewesen, so würde die Göthesche Farbenlehre in dem Theile, wel-

cher von den dioptrischen Farben handelt, noch vollendeter geworden seyn; worüber wir in der Folge einige Betrachtungen anzustellen gedenken. Der Verfasser der schon früher aufgeführten Abhandlung über die physiologischen Farbenerscheinungen hat jene Phänomene recht treu beobachtet, obgleich demselben der Zusammenhang mit den dioptrischen Farben überhaupt nicht erschienen ist.

1. Betrachtet man mit einem Auge ein helles Feld auf einem dunkeln Grunde so, daß der Refractionszustand einem ferneren als dem angeschauten Gegenstande entspricht, so wird das undeutliche hellere Feld mit einem Farbensaume umgürtet erscheinen, dessen einzelne Farben von innen gegen den Grund sich folgen in der Reihe: Violett, Blau, Gelb, Roth.

2. Ist unter denselben Bedingungen, das Feld dunkel, der Grund hell, so ist die Reihe der Farben umgekehrt: Roth, Gelb, Blau, Violett von innen nach außen.

3. Betrachtet man ein helles Feld auf einem dunkeln Grunde so, daß der Refractionszustand einem näheren Gegenstande als dem angeschauten entspricht, so wird der Farbensaum des undeutlichen Bildes in eben der Folge: Roth, Gelb, Blau, Violett.

4. Ist unter denselben Bedingungen das Feld dunkel, der Grund hell, so ist die Reihe der Farben umgekehrt.

Dieser vierfache Wechsel unter vierfachen Bedingungen, ist der Grundversuch in aller möglichen Mannigfaltigkeit, welcher allen dioptrischen chromatischen Versuchen mit Linsen und Prismen vorausgesetzt werden sollte.

Die Farbensäume, welche das undeutliche Gesicht des einzelnen Auges begleiten, sind auch an dem Rande der Doppelbilder erkennbar, welche bei einem verkehrten Refractionszustande eben undeutlich erscheinen müssen.

Kreuzen sich nämlich die Sehachsen hinter dem Objecte der Doppelerscheinung, so ist die Folge der Farbensäume wie im ersten und zweiten Falle.

Kreuzen sich die Sehachsen vor dem Objecte der Doppelerscheinung, so folgen sich die Farben wie in dem dritten und vierten Falle.

Die Farbensäume sind an dem einen und andern Doppelbilde deutlicher, je nachdem eines deutlicher oder undeutlicher. Indessen ist es doch keineswegs der Fall, daß die Farbensäume um so größer und deutlicher werden, je weiter die Gegenstände der Diplopie von dem Horopter entlegen sind. Bei einer solchen Ferne werden die Ränder zuletzt durch die Zunahme der Zerstreuungskreise ganz undeutlich, die Farben fließen in einander und lassen sich nicht mehr von einander unterscheiden.

Die Farbensäume erleiden eine andere Verunreinigung durch das Vorspringen der Nachbilder am Rande des objectiven Bildes bei einer leisen seitlichen Bewegung des Auges. Wir betrachten kaum einige Secunden einen Gegenstand, ohne daß seine Beleuchtung, seine Färbung nach und nach getrübt werden. Das physiologische Nachbild bedeckt bei der Fixation des Gegenstandes nämlich das ganze objective Bild, und da alle Farben mit ihren physiologischen Gegensätzen sowohl chemisch als physiologisch zu Grau sich ausgleichen, so muß das objective Feld bei längerem fixirenden Betrachten mehr und mehr an seiner Reinheit verlieren. So wie aber das Auge nur leise in der Fixation schwankt, tritt das Nachbild in der umgekehrten Beleuchtung und Färbung des objectiven Bildes, als heller, dunkler oder farbiger Saum auf der einen Seite des objectiven Bildes hervor. Menschen mit reizbarem Auge und unbestimmter Fixation sehen häufig solche einseitige Licht- und Farbensäume um die Gegenstände. Diese sind jedoch sowohl ihrer Entstehung nach als im Phänomen

selbst von den subjectiven dioptrischen Farbensäumen zu unterscheiden. Die Säume der Nachbilder erscheinen bei jedem Refractionszustande bald hier bald dort nach der unbestimmten Fixation des Gegenstandes; immer wird die eine Seite des objectiven Bildes wieder rein, so wie das Nachbild nach der andern Seite, nur einen Theil des Gegenstandes bedeckend, hinausrückt; immer sind die Säume der Nachbilder in der geforderten Beleuchtung und Farbe des objectiven Bildes, und also einfach; sie verschwinden bei einer sichern Fixation und werden zu einem vollständigen Nachbilde, wenn der Blick von dem objectiven Bilde weggeführt wird.

Dagegen sind die subjectiven dioptrischen Farbensäume nie einseitig, und nur durch das Vorspringen der Säume der Nachbilder kann der Schein einer Einseitigkeit entstehen. Solche complicirte Phänomene hat Comparetti in der schon erwähnten Schrift als einfache beschrieben und den dioptrischen Farbensäumen namentlich fälschlich beigelegt, daß sie nur an einer Seite des Gegenstandes auftreten, oder daß auf beiden entgegengesetzten Seiten des Gegenstandes verschiedene Farbensäume liegen sollen.

Die subjectiven dioptrischen Farbenphänomene sind im gemeinen Leben häufig genug. Dahin gehören die rothen, blauen Säume schwarzer Schrift bei einer durch Affect, geistige Anstrengung, Nachtwachen, Schläfrigkeit eingetretenen Lähmung der inneren Veränderungen des Auges für das deutliche Sehen in bestimmten Fernen, die blutigen Würfel u. s. w. Sehr lebhaft erscheinen auch die Farbensäume an den Rahmen der Fenster, wenn man durch diese blickend fernere Gegenstände fixirt, oder mit auf das Fenster gerichteten Augen einen näheren Gegenstand, den vorgehaltenen Finger, deutlich ansieht*). Die subjectiven Farben-

*) Es kömmt dabei nicht darauf an, daß der Finger vor den Augen hin und her bewegt werde, wie der Verfasser der Ab-

säume um leuchtende Körper oder die sogenannten subjectiven Lichthöfe haben zwar auch eine gleiche Entstehung wie alle dioptrischen Farben überhaupt, nämlich daß die brechenden Medien für eine andere Entfernung eingerichtet sind als die des Objectes; allein die subjectiven Lichthöfe bleiben auch bei der Fixation des Körperlichtes, der Sterne, und sie sind eigentlich nicht Farbensäume jener leuchtenden Gegenstände sondern des Randes der Iris. Da die Entstehung dieses Phänomenes, von allen Schriftstellern, wie es mir scheint, mißverstanden worden, so wollen wir ihm eine genauere Würdigung in dem späteren Abschnitte, welcher unser Bekenntniß von der Göthe'schen Farbenlehre enthalten soll, schenken.

Es ist von Mehreren schon beobachtet worden, daß auf die äußere Anwendung des Belladonnen- und des Bilsenkrautextractes auf das Auge, außer der Erweiterung der Pupille, auch die Gegenstände in Farbensäumen erscheinen, und daß das Auge in einen ganz fremdartigen Refractionszustand versetzt ist, oder daß seine inneren Veränderungen nach Maßgabe der Entfernung der Objecte ganz ungewöhnlich sind. Auch hier hängt die Farbenerscheinung von nichts Anderem ab, als von der Lähmung des Vermögens in verschiedenen Fernen deutlich zu sehen.

Hat man einen Tropfen einer gesättigten Auflösung

---

handlung über die physiologischen Farbenerscheinungen meint, sondern lediglich, daß er und nicht die Fensterrahmen fixirt werden. Auch ist es nicht der Fall, was dort angegeben ist, daß die Farbenerscheinung verschwinde, wenn von zwei entgegengesetzten Seiten zwei Finger oder sonst zwei dunkle Grenzen gegen das Bild bewegt werden. So giebt auch Comparetti fälschlich an, daß durch die Interception des Lichtes mit dem Finger von der einen Seite die Farben diesseits verschwinden. Es kömmt hier auf nichts an, als auf Fixation eines näheren oder ferneren Gegenstandes.

des Belladonnenextracts in das Auge eingebracht; so erscheint nach Verlauf einer Virtelstunde bei einer weiten Pupille diesem Auge Alles heller und zugleich undeutlicher. Die Gegenstände scheinen weniger scharf begrenzt, ihre Ränder sind verwischt und scheinen sich bei einer lebhaften allgemeinen Beleuchtung in ihre Umgebung wie aufzulösen. In der Entfernung eines Fußes unterscheidet das kranke Auge, wenn die Gegenstände dem gesunden Auge undeutlich wurden, genau. In der Entfernung von 6 Fuß verschwanden dem kranken Auge die kleineren Buchstaben immer mehr und mehr; die größeren aber erschienen deutlicher. In der Entfernung eines Fußes von dem Spiegel sah ich immer Doppelbilder meiner selbst. Das Bild des rechten gesunden Auges war kleiner, viel kleiner als das Bild desselben Auges, wenn das linke kranke Auge bedeckt wurde; übrigens war das Bild des rechten gesunden Auges auf der entgegengesetzten Seite. Das Spectrum des linken kranken Auges war größer, sehr deutlich und hell. Wenn ich das kranke linke Auge schloß, verweilte das undeutliche kleine Spectrum des rechten Auges noch einige Zeit, bis es sich durch unwillkührliche Abänderung des Refractionszustandes, der nun nicht mehr durch das kranke Auge limitirt war, zu dem natürlichen und deutlichen Spectrum des gesunden Auges erweiterte. Durch wiederholte Beobachtung überzeugte ich mich, daß, wenn beide Augen offen waren, die Sehweite des gesunden rechten Auges äußerst kurz war, wodurch eben das Bild aus der doppelten Spiegelweite sehr klein und undeutlich wurde. Was bei der Betrachtung der Bilder im Spiegel von der Entfernung eines Fusses gilt, dieß gilt für andere Objecte außer dem Spiegel in der doppelten Entfernung, aus leicht begreiflichen Gründen. Bei der Betrachtung eines Gegenstandes von 2 Fuß Ferne mit beiden Augen treten deshalb dieselben Phänomene auf, wie bei der Betrachtung des

eigenen Bildes im Spiegel, der mir in der Entfernung eines Fußes war. Trat ich dem Spiegel näher, so wurde das Spectrum des rechten gesunden Auges größer und deutlicher, weil sein Refractionszustand in Begleitung des kranken Auges für die Nähe war, während sich das frühere deutliche Spectrum des kranken linken Auges gleich verminderte. Es geht daraus hervor, daß der Refractionszustand des gesunden Auges für die allernächsten Gegenstände verbunden war mit einem Refractionszustande des kranken Auges für die Ferne, und daß, wenn bei dieser Verbindung sich beide Augen für die Unterscheidung näherer oder fernerer Gegenstände einrichten sollen, bald das eine, bald das andere Auge deutlicher sehen muß. Denn da der nisus für beide Augen gleich ist, so bedarf es, um nahe Gegenstände deutlich zu sehen, für das weitsichtige kranke Auge eine Abänderung des Refractionszustandes, mit welcher gleichzeitig das gesunde Auge sich für die allernächsten Objecte verändert; d. h. wenn das weitsichtige kranke Auge in der Nähe deutlich sehen will, muß das gesunde die Gegenstände dieser Nähe undeutlich sehen, und nur die allernächsten Objecte deutlich unterscheiden. Uebrigens verliert das kranke Auge bei einer sehr weiten Pupille und bei seiner Weitsichtigkeit durch den Einfluß der narcocis keineswegs das Vermögen die Pupille um etwas zu verengern und den Refractionszustand gleichzeitig abzuändern. Auch das kranke Auge sieht willkührlich bald in der Nähe, bald in der Ferne deutlicher; und bei dem Blick in die Ferne ist die Iris fast ganz zurückgezogen, bei dem willkührlichen Blick in die Nähe verengert sich wieder die Pupille um etwas durch Contraction der Iris. Sehen beide Augen gleichzeitig, so sind in der Regel Doppelbilder vorhanden, und zwar ist bald das Spectrum des gesunden, bald das des kranken Auges deutlich, je nachdem der gemeinschaftliche nisus das Object in die Sehweite

des deutlichen Sehens des einen oder andern Auges bringt. Warum aber immer bei einem ungleichen Refractionszustande beider Augen Doppelbilder erscheinen, warum mit diesem Zustande nothwendig eine gewisse Art des Schielens verbunden sey, wollen wir im nächsten Buche untersuchen. Es genügt hier zu bemerken, daß jene Doppelbilder bei dem Blick in eine große Ferne zusammenfallen, weil ihre räumlichen Unterschiede zu klein werden. Ueberdieß sehen beide Augen auch in der Ferne gleich deutlich, weil einmal das kranke Auge schon weitsichtig ist, und es also bloß einer willkührlichen Lähmung der inneren Veränderung des gesunden Auges für die Nähe bedarf, daß beide Augen in der Ferne gleich deutlich sehen. Wo Doppelbilder eintraten, ließen sich diese nur mit großer Mühe zu einem einfachen Bilde vereinigen, und hier waren die Erscheinungen ganz denen gleich, welche eintreten, wenn das eine Auge durch eine Linse sieht, wenn das andere in anderm Refractionszustande frei sieht.

Besonders merkwürdig ist, daß wenn das kranke weitsichtige Auge sich für das deutliche Sehen der nahen Gegenstände einrichtete, die Bilder fast um 1/3 des Natürlichen kleiner waren, während die undeutlichen Nebenbilder des gesunden Auges, das unter diesen Umständen nur dicht vor ihm selbst deutlich sah, ihre natürliche Größe beibehielten. Hier war ich nun vermögend, durch den Blick in größere Ferne (wobei das kranke Auge wieder in seine Weitsichtigkeit zurückkehrte), das Bild des gesunden Auges zu heben, während das kleine des kranken Auges verschwand, und umgekehrt.

So viel mußten wir voraus schicken, daß die dioptrischen Säume der Doppelbilder, die wir nun beschreiben wollen, besser ausgelegt werden. Wir haben damit zugleich uns für die Untersuchung des im nächsten Buche behandelten Gegenstandes vorbereitet.

Dunkles Feld auf hellem Grunde.

1. Wenn die Decussation der Achsen hinter dem Gegenstande des undeutlichen Sehens ist, so ist der Farbensaum des von dem kranken Auge gesehenen Spectrums von dem dunkeln Felde auf hellem Grunde wie in dem früher aufgeführten einfachen Versuche an dem gesunden Auge, nämlich von Innen nach Außen: Roth, Gelb, Blau, Violett. Der Farbensaum ist klein aber deutlich.

2. Wenn sich die Sehachsen vor dem Gegenstande des undeutlichen Sehens kreuzen, letzterer aber nahe gelegen ist, ist der Farbengürtel des von dem kranken Auge gesehenen Spectrums klein und zugleich undeutlich, aber in derselben Folge, wie im ersten Versuche. Das Spectrum des gesunden Auges war nun ohne Farbensaum. Trat ich mehr von dem Gegenstande des undeutlichen Sehens zurück, so waren bei einer gewissen Entfernung des letztern die Spectra beider Augen von gleicher Größe, gleicher Undeutlichkeit, aber ihre Farbensäume in verkehrter Ordnung der Farben. Bei einer noch größern Entfernung des Gegenstandes, während die Decussation der Sehachsen hinter demselben bleibt, wird das Bild des kranken Auges deutlicher, indem es zugleich seinen Farbensaum verliert, das Bild des gesunden Auges aber undeutlicher und sein Farbensaum größer. Bei einer noch größern Entfernung tritt zuletzt ein Moment ein, wo das bisher deutliche Bild des kranken Auges wieder getrübt wird und einen Farbensaum annimmt, der dem Farbensaum des Spectrums des gesunden Auges in der Reihe der Farben gleich ist; dabei ist der Farbengürtel des kranken Auges zwar kleiner, aber zugleich viel deutlicher nnd entschiedener.

Helles Feld auf dunkelm Grunde.

3. Kreuzen sich die Sehachsen hinter dem nahen Gegenstande, so ist das entgegengesetzte Spectrum des kranken Auges kaum größer, aber heller; sein Farbensaum, wie der andere, nach Außen: Violett, Blau, Gelb, Roth. Je mehr ich von dem Gegenstande zurücktrat, während die Kreuzung der Sehachsen hinter demselben blieb, um so deutlicher wurde das Spectrum des kranken Auges, am deutlichsten ohne Farbensaum in der weitesten Ferne.

4. Kreuzen sich aber die Sehachsen vor dem Gegenstande, so ist bei der geringsten Entfernung des letztern das Spectrum des kranken Auges kleiner und undeutlich; sein Farbensaum von Innen nach Außen: Violett, Blau, Gelb, Roth, während das Bild des gesunden Auges sehr deutlich und farblos ist. Bei einer gewissen Entfernung von dem Gegenstande, werden beide Spectra gleich groß und gleich undeutlich. Die Reihe ihrer Farbensäume ist aber entgegengesetzt. Bei einer noch größern Entfernung wird das Bild des kranken Auges deutlicher mit deutlicheren Farben, während das Bild des gesunden Auges überhaupt und auch in seinen Farbensäumen undeutlich, zugleich aber größer wurde. Trat ich noch weiter zurück, wurden beide Spectrum in ihren Farbensäumen gleichartig, nämlich in der Reihe von Innen nach Außen: Roth, Gelb, Blau, Violett, bis endlich das Bild des kranken Auges wieder ganz deutlich, das des andern undeutlich wurde.

V.

Von der wechselseitigen Bedingung der Convergenz der Sehachsen und des deutlichen Sehens in verschiedenen Fernen und von den verschiedenen Arten des Schielens.

1) In wie fern der Refractionszustand der Augen von der Neigung der Sehachsen abhängig sey?

2) In wie fern die Neigung der Sehachsen von dem Refractionszustande der Augen bedingt sey?

3) Von den verschiedenen Arten des Schielens.

I. In wie fern der Refractionszustand der Augen von der Neigung der Sehachsen abhängig sey?

Wenn wir einen Gegenstand mit beiden Augen fixiren, in welchem Fall mit der Convergenz der Sehachsen in dem Puncte der Fixation zugleich unwillkührlich das Auge im Zustande der Refraction für die bestimmte Ferne ist, ist es uns nicht möglich, bei der bleibenden Neigung der Sehachsen in dem Gegenstande, das Bild zugleich einfach und undeutlich zu sehen. Wir sind zwar immer im Stande, willkührlich undeutlich zu sehen, durch willkührliche Veränderung des Refractionszustandes des Auges, das Auge für eine andere Entfernung als die gegenwärtige einrichtend. Allein sobald wir mit beiden Augen einen und denselben einfachen Gegenstand fixiren, aber zugleich undeutlich zu sehen uns bestreben, erscheint uns dieser in undeutlichen Doppelbildern, deren Undeutlichkeit zunimmt, jemehr durch die Abänderung der Neigung der Sehachsen die Doppelbilder räumlich auseinander treten. Manchmal bei großer Anstrengung scheint uns wirklich das Undeutlichsehen ohne Doppelbilder, jedoch nur sehr flüchtig, zu gelingen, und wenn wir genauer aufmerken, werden wir uns überzeugen, daß auch bei dieser Spur des Undeutlichsehens ohne örtlich getrennte Doppelbilder, diese doch vorhanden, nur zum Theil sich deckten. Auf der andern Seite, so oft wir mit Willkühr doppelt sehen, die Neigung der Sehachsen

für eine andere Entfernung als die des Gegenstandes bestimmend, nie werden uns deutliche Doppelbilder erscheinen, nie so deutliche Bilder, als sie das einzelne Auge sieht. Es geht aus dieser wichtigen und bisher immer übersehenen Thatsache hervor, daß der Refractionszustand des Auges auf das Engste mit der beweglichen Neigung der Sehachsen oder der Muskelbewegung des Auges für die Fixation von Gegenständen verschiedener Entfernung verbunden ist.

Wenn wir nach einem fixirenden Blicke in die Ferne plötzlich einen naheliegenden Gegenstand fixiren, so können wir diesen nicht einfach sehen, ohne ihn deutlich zu sehen, und nicht undeutlich, ohne ihn doppelt zu sehen. Bei der Abänderung unserer Fixation aus der Ferne in die Nähe waren nur die inneren geraden Augenmuskeln und die ihnen zukommenden Zweige der nervus oculo motorius thätig. Mit einer simultanen Thätigkeit der inneren geraden Augenmuskeln (wenn die fixirten Gegenstände verschiedener Entfernungen dennoch in der Mitte des Gesichtes lagen), ist also nothwendig eine Abänderung des Refractionszustandes verbunden, die um so größer ist, je größer die Neigung der Sehachsen für den Gegenstand der Fixation, oder je stärker die Contraction der inneren geraden Augenmuskeln. Denn, daß die Abänderung des Refractionszustandes nur in so fern willkührlich sey, als sie von einer willkührlichen Abänderung der Neigung der Sehachsen abhängig ist, haben wir bewiesen. Welches ist nun Dasjenige, was die Abänderung des Refractionszustandes oder das deutliche und undeutliche Sehen so innig mit der Contraction der inneren geraden Augenmuskeln verbindet? Es kann nichts Anderes seyn, als der theilweise Ursprung des Ciliar-Nervensystems von demjenigen Nerven, welcher die Neigung der Sehachsen durch die Contraction der inneren geraden Augenmuskeln möglich macht, von dem nervus

oculo-motorius. Indessen haben wir jene Abhängigkeit bisher nur bei einer beweglichen Neigung der Sehachsen durch die Mitte des Gesichtsfeldes erläutert; und wir haben zunächst, um unsern Schluß zu sichern, auch von den seitlichen Bewegungen der Augen zu sprechen, in welche nicht der N. oculo-motorius allein, sondern auch der N. abducens durch die äußeren geraden Augenmuskeln implicirt ist. Wenn die Augen bei einer bleibenden Neigung der Sehachsen sich so bewegen, daß die in einem kreisförmigen Horopter liegenden Gegenstände nach und nach fixirt und einfach gesehen werden, so ist bei dieser seitlichen Bewegung der Fortschritt des einen Auges durch den innern geraden Muskel, der Fortschritt des andern Auges durch den äußern geraden Muskel, m. abducens, bedingt. Wenn in Fig. 1. Taf. V. die Augen a und c bei einer Neigung der Achsen a b c sich seitlich bewegen, so beschreiben sie eine Kreislinie, wovon die Entfernung der Augen a c eine Sehne ist, wegen der vorausgesetzten Gleichheit der Neigung der Sehachsen. Um nach der Fixation des Punctes b, den Punct d zu fixiren, beschreibt das Auge a den Winkel b a d, das Auge c den Winkel b c d, welche sich gleich sind, weil die Neigungen der Achsen a b c und a d c gleich seyn sollen. Wenn also bei der Fixation des Punctes b die beiden inneren Augenmuskeln beider Augen gleichviel in Anspruch genommen waren, so nimmt, um den Punct d bewegend zu erreichen, die Contraction des innern geraden Augenmuskels des Auges a um so viel zu, als bei dem Auge c die Bewegung des m. abducens, und umgekehrt in der Bewegung des Auges a die Wirkung seines abducens um soviel ab, als bei dem Auge c die Wirkung des innern geraden Augenmuskels. Was der innere gerade Muskel des einen Auges an Wirkung gewinnt, verliert der des andern Auges, und die Gesammtwirkung ist also auch wie bei der gleichen Thätigkeit bei-

der Muskeln in der Fixation des Punctes b. Es darf uns darum nicht befremden, daß auch hier in der seitlichen Wendung der Augen, bei gleichbleibender Neigung der Sehachsen, die Grenze des deutlichen Sehens oder der Refractionszustand bleibend ist, weil es die Neigung der Sehachsen war. Wir erfahren ferner aus dieser Betrachtung, daß der Refractionszustand der Augen, wenn er von der Neigung der Sehachsen abhängig ist, sich nicht lediglich nach der vorwaltenden Wirkung des innern graden Augenmuskels des einen Auges oder auch allein nach der abnehmenden Wirkung des äußern geraden Muskels des andern Auges richtet, sondern nach der Gesammtwirkung der einen wachsenden und der andern abnehmenden Wirkung, oder nach der Gesammtwirkung des einen in seiner Thätigkeit abnehmenden, des andern in seiner Thätigkeit zunehmenden nervus oculo-motorius; nicht anders, wie der verschiedene Lichteindruck auf beide Augen in ihnen nur zu einer mittlern gemeinsamen Oeffnung der Pupille veranlassen kann. Ist die seitliche Stellung des Auges a in der Richtung a d, und war sein Refractionszustand für die Entfernung d eingerichtet, so wird sich dieser sogleich und gezwungen ändern, sobald die Sehachse des Auges c nicht mehr in d die bleibende Sehachse von a trifft, sondern auf dieser bleibenden Sehachse von a beweglich ist; er wird in der Neigung der Sehachsen bei x bestimmt seyn nach dem Nerveneinflusse, welcher die Contraction der geraden inneren Augenmuskeln für diese Neigung der Achsen bedingt. Der Refractionszustand des einzelnen Auges bei jeder Stellung kann unendlich verschieden sein, für die Entfernung x, d, e, f. Aber in der Gesammtwirkung beider Augen ist der Refractionszustand nicht mehr willkührlich, sondern nothwendig bedingt durch die Neigung der Sehachsen.

So wie ein bestimmter Refractionszustand, so ist

auch eine bestimmte Oeffnung der Pupille mit jeder Neigung der Sehachsen verbunden; und in dieser Abhängigkeit der Pupillen in beiden Augen zugleich von der Neigung der Sehachsen oder der Thätigkeit des nervus oculomotorius für beide Augen liegt der Grund der sogenannten willkührlichen Bewegung der Pupille, welche in dem Bereiche jedes Menschen liegt. Ich bewege, wie viele Andere, meine Pupille, wie man es haben will, von der kleinsten bis zur größten Oeffnung; aber ich vermag es nicht anders als durch willkührliche Abänderung der Neigung der Sehachsen; die Pupille wächst bei dem Blick in die Ferne, sie wird eng bei dem fixirenden Anblick der nächsten Gegenstände. Ich glaube, daß in dieser Abhängigkeit einer in beiden Augen gleichen aber bestimmten Pupille und eines in beiden Augen gleichen aber bestimmten Refractionszustandes von einer und derselben Ursache, einer bestimmten Neigung der Achsen, der beste Beweis liegt, daß die Veränderungen des Refractionszustandes nicht von der Wirkung der geraden Augenmuskeln abhängt, sondern daß dieser, so wie die Pupillengröße in einer und derselben Ursache, nämlich dem Ciliarsysteme begründet sind *). Ich bin jedoch weit entfernt zu glauben, daß die Veränderungen der Pupille und des Refractionszustandes eins und dasselbe sind. Diese Ansicht hat Olbers **) mit mathematischer Präcision widerlegt. Viel-

---

*) Die Bewegungen der Iris vermöge ihrer Ciliarnerven hängen nach den Untersuchungen von Mayo lediglich von der kurzen Wurzel des ganglion ophthalmicum, welche vom n. oculomotorius entspringt, ab. Die lange Wurzel des ganglion ophthalmicum, durch den nervus nasalis vom trigeminus entspringend, unterhält nur die dem Auge zukommende Gefühlssensibilität.

**) De internis oculi mutationibus. Götting. 1780.

mehr scheinen die zur Herstellung des deutlichen Sehens in verschiedenen Fernen nöthigen Ortsveränderungen der Linse, die doch im Ganzen kaum eine Linie betragen, von dem ligamentum ciliare bedingt zu seyn. Für diese Ansicht sprechen folgende Gründe:

1. Das Ciliarband hat denselben Gefäßbau, wie die Regenbogenhaut; die arteriae ciliares posticae geben auch der Iris Zweige ab; die arteriae ciliares longae anastomosiren mit den ersteren.

2. Bei den Vögeln gehen die Ciliarnerven nicht allein zur Iris, sondern auch zu den Ciliarfortsätzen *). Bei vielen Säugethieren, wie namentlich bei den Affen und den Hunden, sah Knox **) zahlreiche Nerven zu dem corpus ciliare gehen. Und nach derselben Angabe sollen die Nerven im Ciliarbande bei den Vögeln eben so zahlreich als in der Iris seyn.

3. Die Anschwellung und der Collapsus der Ciliarfortsätze können eine geringe Bewegung der Linse nach rückwärts und vorwärts bewirken. In einem durchschnittenen Auge, in dessen vorderem Theile die Linse in ihrer Lage erhalten worden, kann diese durch Zupfen an dem Ciliarligamente aus ihrer Lage bewegt werden.

4. Die Veränderungen der Pupille sind, so wie die Veränderungen des Refractionszustandes, mit der veränderten Neigung der Sehachsen gleichzeitig ***).

---

*) F. Muck, praes. Tiedemann, diss. de ganglio ophthalmico et nervis ciliaribus animalium. Landish. 1815.

**) Transact. of the royal soc. of Edinb.

***) Um zu ermitteln, ob mit den Formveränderungen der Iris auch immer gleichzeitig Veränderungen des corpus ciliare vorgehen, suchte ich die Pupille eines Kaninchens durch Einträufelung der Auflösung des Belladonnenextractes zu erweitern. Nach häufiger Wiederhohlung wurde erst die Pupille erweitert,

5. In der Thierreihe verschwinden die Ciliarfortsätze, sobald die Iris gegen alle Reize unbeweglich wird. Die Fische.

6. Das Belladonnenextract, in Auflösung in das Auge geträufelt, bewirkt gleichzeitig eine Erweiterung der Pupille durch Collapsus der Iris und eine totale Umwandlung, ja Lähmung der Refractionsveränderungen.

7. Bei den Bildungsfehlern der Iris, wo diese an ihrem untern Theile gespalten bleibt, wie dieß in der Bildungsperiode der Iris während des Fötuslebens ephemer ist, erstreckt sich die Fissur auch auf das corpus ciliare.

---

weil das Belladonnenextract überhaupt weniger schon bei den Säugethieren diese Wirkung hat, und weil auch das Eingeträufelte schnell durch die sehr weiten Thränenröhrchen in die Thränenwege der Nase fließt. Ich hatte die Absicht, das Thier zu tödten, und dann den Zustand des kranken und des gesunden Auges zu untersuchen und zu vergleichen, um zu sehen, ob das Belladonnenextract, welches immer den Refractionszustand verändert, eine von dem gesunden Auge abweichende Form in dem Ciliarligament gleichzeitig mit der Erweiterung der Iris bewirkt habe. Allein da ich das Thier durch einen Einschnitt in das verlängerte Mark tödtete, verengten sich plötzlich beide Pupillen ganz. Ich bin später von diesen Versuchen abgeführt worden. Wollte sie Jemand wiederholen, so müßte der Tod auf eine Art bewirkt werden, welche auf den Zustand der Pupille wenig Einfluß haben dürfte, wie etwa durch Verblutung. — Daß die Bewegungen der Iris nicht von einem vermehrten oder verminderten Blutturgor der Gefäße der Iris abhänge, sieht man deutlich an dem leucaethiopischen Auge des Kaninchens, wo die arteriae ciliares longae in ihrer Verbreitung in der Iris an dem lebenden Thiere sehr deutlich verfolgt werden können. Die Stämme dieser Gefäße behalten, wie ich mich wiederhohlt überzeugt habe, bei den Contractionen und Expansionen der Iris ein gleiches Lumen.

2. In wie fern die Neigung der Sehachsen von dem Refractionszustande der Augen abhängig sey.

Wir vermögen im Zustande der Gesundheit des Sehorganes einen Gegenstand nicht undeutlich zu sehen, indem wir den Refractionszustand der Augen für andere Fernen willkührlich bestimmen, ohne zugleich doppelt zu sehen, d. h. ohne daß wir die Sehachsen im Raume in der Entfernung kreuzen lassen, für welche der Refractionszustand des Auges bestimmt ist. Ist daher eines der Augen geschlossen, und verändert nur das andere, bei unveränderter Lage, seinen Refractionszustand für Gegenstände, welche in verschiedener Ferne, aber in der Richtung seiner Achse liegen, so verändert das geschlossene Auge gleichwohl seine Lage, und so stillschweigend die Neigung der Sehachsen auf das Bestimmteste nach Maßgabe der Sehweite des offenen Auges, wie man sich leicht durch den Versuch überzeugen kann. Dieser Umstand von der größten Wichtigkeit ist bisher ebenfalls durchgängig übersehen worden. In Fig. 2. Taf. V. sey a das freie, b das geschlossene Auge; x, d seien die in der Sehachse des Auges a gelegenen Gegenstände verschiedener Entfernung. Sieht nun a den Punct x deutlich, so ist die Sehachse auch des geschlossenen Auges unwillkührlich auf x gerichtet, und wird das geschlossene Auge ganz leise und ohne den geringsten Druck geöffnet, so erscheint x einfach im Convergenzpuncte der Sehachsen beider Augen. Geht nun das Auge aus dem Refractionszustande für x in andere Refractionszustände für fernere Gegenstände der Linie a d über, so wird, wenn auch die Sehachse von a unverändert bleibt, doch die Sehachse des geschlossenen Auges b immerfort sich in ihrer Neigung gegen a d abändern, und zwar so bestimmt, daß der von dem freien Auge deutlich gesehene Gegenstand immer zugleich im

Convergenzpuncte des geschlossenen und des freien Auges liegt. Nichts ist leichter, als von der Wahrheit dieser Behauptung sich durch den Versuch zu überzeugen. Gleichzeitig mit der unveränderten Lage und dem veränderten Refractionszustande des freien Auges macht das gesunde Auge unwillkührliche Bewegungen für die Abänderung des Convergenzpunctes der Sehachsen.

Da nun die Abänderung des Refractionszustandes für gewisse Fernen seine Grenzen hat, das Auge alle Gegenstände der verschiedensten Fernen über diese Grenze der inneren Veränderungen mit demselben Refractionszustande ansehen muß, die Neigung der Sehachsen aber, für alle möglichen Entfernungen sich zu verändern, nicht aufhört, so muß, sobald die Neigung der Sehachsen von dem Refractionszustande abhängig wird und sich nicht selbst bestimmt nach der Entfernung der Gegenstände, über jene Grenze der inneren Veränderungen auch ein Schwanken in der Neigung der Sehachsen vorkommen. Deutlicher: wenn das eine Auge bei geschlossenem andern die allerfernsten Gegenstände betrachtet, so ist sein Refractionszustand in der letzten Grenze der inneren Veränderungen, aber nicht für jene Ferne des fixirten Gegenstandes. Das geschlossene Auge hat daher die Richtung seiner Sehachsen nicht auf den von dem andern Auge fixirten Gegenstand, sonderen die Sehachse dieses schneidet die Sehachse des freien Auges in einer Entfernung, welche die Grenze der inneren Veränderungen des freien Auges bestimmt. Und wird nun das geschlossene Auge geöffnet, so muß der früher von dem freien Auge fixirte Gegenstand nothwendig nunmehr doppelt erscheinen. Diese Doppelbilder vereinigen sich aber durch die Correction der Neigung der Sehachsen sehr bald zu einem einfachen Bilde, welches mit beiden Augen in einem Refractionszustande, welcher der Grenze der inneren Veränderungen entspricht, betrachtet wird. Diese Erschei-

nungen treten immer ein, wenn wir die entferntesten Gegenstände, den Mond, einen Stern, u. s. w. mit einem Auge betrachten und darauf das andere öffnen. Wenn Fig. 2. Taf. V. a den Mond d fixirt, während b geschlossen ist, so gehen die Veränderungen des Auges a für ferne Gegenstände nur bis zu einer gewissen Grenze x. Was über diese ist, was zum deutlichen Sehen noch größere Veränderungen forderte, wird unter demselben Refractionszustande betrachtet werden müssen. Die innere Veränderung des Auges a sey also für die Fixation von d nur für die Ferne x. Da nun die Neigung der Sehachsen, wenn sie nicht durch das Object selbst bestimmt wird, von dem Refractionszustande der Augen abhängig ist, d. h. da das geschlossene Auge b, wenn a die innere Veränderung für die Ferne x hat, mit seiner Sehachse in dieser Ferne x die Sehachse des andern schneidet, so muß nothwendig, sobald das Auge b geöffnet wird, der fernste Gegenstand d doppelt erscheinen, nämlich für a in x, für b in y, für a deutlich in der Sehachse, für b undeutlich, um den Winkel a b c von der Sehachse entfernt. Nun aber, wenn beide Augen offen sind, werden die Doppelbilder schnell vereinigt. Aus der Entfernung der Doppelbilder unterrichtet über die nothwendige Neigung der Sehachsen, verändern wir den Horopter, so daß der Convergenzpunct der Sehachsen in d ist, welches nunmehr beiden Augen einfach, aber nicht deutlicher als im ersten Falle, erscheinen muß. Denn d wird gleichwohl in einem Refractionszustande betrachtet, der eigentlich der Ferne x angehört.

---

3. Von den verschiedenen Arten des Schielens.

Daß durch die längste Dauer des Schielens die ursprüngliche Identität der Sehfelder nicht aufgehoben

werde, daß mit dem Schielen nothwendig Doppeltsehen verbunden sey, und daß, wenn keine Nebenbilder auftreten, das kranke Auge überhaupt unthätig sey, dieses haben wir in der zweiten Abhandlung bewiesen. Die gegenwärtige Untersuchung ist daher zum Theil eine Fortsetzung der dort abgebrochenen Betrachtungen, und besteht nicht ohne das dort Vorausgeschickte. Zum Theil aber gehen die gegenwärtigen Bestimmungen über das Schielen nur aus der Nutzanwendung unserer bisherigen Betrachtungen über die wechselseitige Bedingung der Sehweite und der Achsenneigung hervor.

I. *Strabismus concomitans.*

Bewegliches Schielen mit einem Auge.

In dieser gewöhnlichsten Form des Schielens sind die gleichzeitigen Bewegungen beider Augen nicht aufgehoben; aber während das schielende Auge das gesunde in seinen Bewegungen begleitet, fixirt nur das letztere, und ersteres ist in allen Bewegungen immer gleichweit von dem Gegenstande der Fixation abgelenkt. Fig. 4. Taf. V. Die Sehachse des gesunden Auges a bewegt sich durch die Fixationspunkte c, d, e, während die Sehachse des schielenden Auges b, in der begleitenden Bewegung durch die Punkte f, g, h durchgeht. Bei dieser Form des Schielens messen also das gesunde und das schielende Auge in ihren concomitirenden Bewegungen immer in gleichen Zeiten gleiche Räume. Das kranke Auge, wenn es nicht amaurotisch ist, sieht im Anfange des Schielens den Gegenstand der Fixation in einem undeutlichen Nebenbilde außer seiner Sehachse. Bei längerer Dauer wird das schielende Auge ganz unthätig, wenn es nicht allein sieht ohne Begleitung des

gesunden Auges. Die Möglichkeit einer solchen ausschließlichen Thätigkeit des einen Auges, selbst im Zustande der Gesundheit, ist früher nachgewiesen worden. In dem Streite der Gesichtsfelder, wird das eine undeutliche der Doppelbilder nach und nach eben so unterdrückt, wie eines der Doppelbilder verschwindet, welche uns entstehen, wenn wir mit dem einen Auge frei, mit dem andern durch eine Brille den Gegenstand betrachten. Nur, wenn das gesunde Auge geschlossen wird, erhebt sich das Gesichtsfeld des schielenden, und, um mit diesem zu fixiren, bringen wir die Gegenstände auch nun sofort in die Sehachse desselben.

Dieser Gattung des Schielens sind, in Beziehung auf die nächsten Ursachen der Deformität, fünf verschiedene Arten untergeordnet.

1. Strabismus ciliaris.

Bewegliches Schielen mit einem Auge aus einem verschiedenen Refractionszustande der einzelnen Augen.

Der presbyopische Zustand des einen und der myopische Zustand des andern Auges sind eine der häufigsten Ursachen des Schielens, in der Regel in Folge einer vorausgegangenen Augenentzündung, welche den Refractionszustand der brechenden Medien abänderte. Auf diese Art des Schielens hat Buffon *), auf eigene Untersuchung der Schielenden gestützt, aufmerksam gemacht. Allein Buffon's Ansicht von der Entstehung des Schielens aus einem verschiedenen

*) Memoires de l'Acad. de Paris 1743. Hist. nat. Suppl. T. III. Smith's Optik, übersetzt von Kästner, S. 479. Vergl. auch J. N. Fischer, Theorie des Schielens, veranlaßt durch einen Aufsatz des Hrn. v. Buffon. Ingolstadt 1781.

presbyopischen und myopischen Zustande beider Augen ist, bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft, ganz ungenügend. Ein Mensch mit ungleichem Refractionszustande beider Augen sieht nach Buffon so lange mit beiden Augen, als die Gegenstände einer Entfernung angehören, in welcher sowohl das nahsichtige als das fernsichtige Auge deutlich sehen. Die Grenze des deutlichen Sehens tritt aber für das letztere viel später ein, und alle Gegenstände, welche über die Grenze des deutlichen Sehens für das nahsichtige Auge liegen, werden von diesem Auge vermieden; es tritt Schielen ein. Hier liegt die Annahme zu Grunde, daß das schielende Vermeiden eines Gegenstandes mit einem Auge das Gesicht auch aufhebe, da vielmehr eine solches Abirren der Sehachse von dem Gegenstande der Fixation, durch die nothwendige Entstehung der Doppelbilder, das deutliche Gesicht des andern Auges noch vielmehr stören muß. Und so würde das Gesicht immer noch das deutlichste seyn, wenn ein fernerer Gegenstand, sowohl von dem deutlichsehenden Fernsichtigen, als dem undeutlichsehenden Nahsichtigen, fixirt würde.

Auf die vorausgeschickten Untersuchungen gestützt, bin ich vielleicht glücklicher in der Darstellung der Genesis dieser nicht seltenen Form des Schielens.

Betrachten wir denselben Gegenstand d Fig. 2. Taf. V. mit dem einen Auge b frei, mit dem andern Auge a durch eine concave Brille, so wird der Refractionszustand des durch ein zweites refragirendes Medium sehenden Auges a nicht mehr für die Ferne d sein dürfen, um d deutlich zu sehen, sondern es wird d mit Hülfe der Brille bei einem Refractionszustande des Auges deutlich gesehen, in dem sonst nur ohne Brille irgend ein näherer Gegenstand x deutlich gesehen wurde. Das mit einer Brille versehene Auge a sieht also den Gegenstand d mit einem Refractionszustande für den nähern Gegenstand x. Da sich nun der Refractions-

zustand des freien Auges mit dem des andern gleichmäßig abändert, so sieht auch b mit einem Refractionszustande für die Entfernung x, also d undeutlich, während eben dasselbe dem andern Auge mit Hülfe der Brille deutlich erscheint. Mit diesem Refractionszustande ist zugleich die Neigung der Sehachsen für die Entfernung x verbunden; folglich liegt d, wenn es von dem durch die Brille sehenden Auge a deutlich gesehen wird, außer dem Convergenzpuncte beider Achsen, erscheint zwar dem Auge a in der Sehachse, aber dem Auge b um den Winkel c b d von der Sehachse entfernt, und so erscheint, wenn a durch die Brille deutlich sieht, d in einem deutlichen Bilde für a und einem undeutlichen Nebenbilde für b. Sieht aber das freie Auge b deutlich, d. h. ist sein Refractionszustand für die Ferne d, so muß d dem durch die Brille sehenden Auge a undeutlich erscheinen. Denn das Auge a folgt dem Auge b in dem Refractionszustande für die Ferne d, allein es sieht durch ein zweites brechendes Medium und also nicht in d deutlich. Da aber der Refractionszustand beider Augen für die Ferne d, so ist auch die Neigung der Sehachsen nicht wie im vorigen Falle außer d, sondern in d; und folglich liegen, wenn das freie Auge deutlich sieht, das deutliche Bild dieses Auges und das undeutliche durch die Brille gebrochene an einem und demselben Orte. In dem ersten Falle entsteht also Doppeltsehen, und eben daher Schielen, in dem zweiten Einfachsehen. Sieht man mit dem einen Auge durch ein converes oder concaves Brillenglas, mit dem andern Auge frei denselben Gegenstand, so läßt sich der eine und andere Zustand willkührlich hervorrufen, je nachdem bald das eine, bald das andere Auge deutlich sieht, durch willkührliche Abänderung des Refractionszustandes.

Wenden wir nun diese Resultate auf einen verschiedenen prebyopischen und myopischen Zustand beider Augen

an, sey dieser durch Anwendung des Belladonnenextractes, wie in den früher mitgetheilten Versuchen, künstlich, oder durch krankhafte Disposition natürlich erzeugt.

Das Auge a sey weitsichtig, das Auge b nahsichtig Auch hier ist die Abänderung des Refractionszustandes in beiden Augen gleich, aber das eine Auge wird immer einen ferneren Gegenstand deutlich sehen, wenn das andere bei einer gleichen mutatio interna einen näheren deutlich sieht, und es ist derselbe Fall, wie wenn eines der Augen durch eine Brille sehe. Eine gleiche mutatio interna in beiden Augen sey mit der Neigung der Sehachsen für die Entfernung x verbunden. Das fernsichtige Auge a wird den in seiner Sehachse gelegenen Gegenstand d deutlich sehen, während derselbe dem Auge b undeutlich erscheint. Allein da mit einem gegebenen in beiden Augen gleichen nisus zur innern Veränderung die Convergenz der Sehachsen in x ist, muß d dem Auge a in einem deutlichen Bilde, dem Auge b in einem undeutlichen Nebenbilde erscheinen, welches letztere von der Sehachse um dem Sehwinkel c b d entlegen ist. Die Augen sehen doppelt, bald das eine, bald das andre deutlich, nach dem Wachsthum der inneren Veränderungen. Und mit dem Doppeltsehen ist nothwendig eine verkehrte Neigung der Sehachsen verbunden, eine Art des Schielens, wobei der Gegenstand immer dem einen Auge außerhalb der Sehachse liegt.

Bei jüngeren Individuen, deren Augen in Fern- und Nahsicht verschieden sind, tritt diese Art des Schielens sehr leicht ein, wird stärker und geringer und ist auch wohl periodisch, ist aber nie so stark und entstellend wie eine andere Art des Schielens, die ihren Grund in den Bewegungsorganen der Augen hat.

Wenn das Schielen durch einen verschiedenen presbyopischen und myopischen Zustand beider Augen bedingt ist, müssen alle Heilmittel fruchtlos seyn, welche nicht

die Sehkraft des kranken Auges herstellen. Daraus ergiebt sich die einfache Indication, das gesunde vorzugsweise thätige Auge zu bedecken, und das kranke und vernachläßigte Auge allein für das deutliche Sehen der Gegenstände in allen Entfernungen zu üben. Buffon empfiehlt auch, um den verschiedenen Refractionszustand der Augen auszugleichen, den Gebrauch eines nach Maßgabe der Presbyopie oder Myopie convexen oder concaven Brillenglases für das schielende Auge. Dunkle Flecken auf der dem schielenden Auge zugewandten Nasenseite befestigen, um die Aufmerksamkeit des kranken und abgewandten Auges auf sich zu ziehen, ist eine Spielerei, und eben so verwerflich sind die parallelen Röhren, welche vor den Augen befestigt werden sollen, um diese zum Parallelismus zu zwingen. Das gesunde Auge wird durch seinen Tubus fixiren während das andere sich wenig um die ihm vorgehaltene Röhre kümmern wird.

2. Strabismus amblyopicus.

Bewegliches Schielen des schwachsichtigen oder amaurotischen Auges.

Beer sagt in seinem Werke über die Augenkrankheiten: »Wenn das Auge durch Flecken oder Narben in der Mitte der Hornhaut, oder durch eine partielle Verwachsung der Regenbogenhaut mit der Hornhaut, folglich durch Verengerung und Verstellung der Pupille gezwungen wird, von der Sehachse zu decliniren, um nur einigermaßen sehen zu können, so entsteht eine Art von Schielen.« Dem Schielen liegt sehr häufig eine entweder mittelbar in den brechenden Medien oder in der Netzhaut selbst begründete Schwachsichtigkeit zu Grunde, worauf schon Reid *),

*) On the human mind. p. 253.

gestützt auf die Untersuchung vieler Schielenden, hingewiesen, was meine eigne häufige Untersuchung der Schielenden bestätigt. Aber unmöglich kann das Schielen aus der Ursache eintreten, welche Beer angegeben hat. Denn wenn das kranke Auge von der Sehachse declinirte, um besser sehen zu können, so müßte nothwendig Doppeltsehen entstehen. Ueberdieß müßte, wenn der angegebene Grund richtig wäre, bei einer seitlichen künstlichen Pupille immer Schielen entstehen. Die künstliche seitliche Pupille wird aber nur dann dem Gegenstande *e diametro* zugewandt, wenn das operirte Auge allein fixiren soll. Das Schielen des schwachsichtigen oder amaurotischen Auges entsteht daher, weil dieses überhaupt vernachläßigt wird. Der Refractionszustand zum Zweck des deutlichen Sehens in verschiedenen Fernen ist zwar auf das Bestimmteste von der Convergenz der Sehachsen abhängig; aber umgekehrt ist die richtige Convergenz der Sehachsen zum Zweck der Fixation nicht ganz von dem Refractionszustande der Augen für die Ferne der fixirten Objecte abhängig, wie S. 214 ff. gezeigt worden ist.

3. Strabismus oculomotorius.

Bewegliches Schielen mit einem Auge durch Leiden der Bewegunsorgane des Auges.

Die dritte Art zur ersten Gattung des Schielens beruht auf einem Fehler der Bewegungsorgane der Augen selbst, seyen diese krampfhaft afficirt oder unvollkommen gelähmt.

Wenn die erste Art des Schielens, welche in dem Unterschiede der Sehweiten beider Augen bedingt ist, immer nach innen ist, wie aus der Art der Entstehung begreiflich ist, so kann der strabismus der dritten Art eben so gut mit divergirenden Augenachsen bestehen. Ich sehe nicht ein, was die in dem Material der Verbandlehre

aufgeführten Röhren, den Augen vorzulegen, auch in dieser Art des Schielens helfen sollen. Auch hier wird das gesunde Auge durch seine Röhre fixiren, während das kranke trotz dem ihm durch die Röhre angewiesenen Sehfelde schielend bleibt. Erfordert also das Schielen nicht etwa einen gegen Geschwülste der Augenhöhle gerichteten Heilplan, mit deren Entfernung auch das Schielen aufhört, ist das Schielen lediglich von einer unharmonischen Thätigkeit der Augenmuskeln abhängig, so kann Heil nur davon erwartet werden, daß man das gesunde Auge ganz bedecke und das kranke Auge nöthige, in alle Raumverhältnisse durch seine Bewegungen einzugehen. Denn es kömmt darauf an, daß das schielende Auge die dem Gesichte e diametro liegenden Gegenstände fixire, und es muß vermieden werden, daß die Bewegung des Kopfes die Bewegung der Augen zur Fixation mittlerer Gegenstände ersetze. Die doppelte Röhre für beide Augen kann aber eher schädlich als nützlich werden und könnte überhaupt nur etwa in Anwendung kommen, wo man bei einem kurzsichtigen Kinde, das durch nahe Betrachtung der nächsten Gegenstände, seine Kurzsichtigkeit zu vermehren, fürchten läßt, die Fixation der fernen Gegenstände durch fast parallele Röhren erzwingen wollte.

4. Strabismus assuetus.

Bewegliches Schielen mit einem Auge durch Angewöhnung.

Bei Kindern kann die ausschließliche Betrachtung der nächsten Gegenstände die Augen in derjenigen convergirenden Stellung erhalten, welche der Fixation der nächsten Gegenstände angemessen ist. Mit dieser angewöhnten Con-

vergenz der Augen betrachten die Kinder, welche die ihnen vorkommenden Objecte aller Entfernungen noch nicht zu fixiren vermögen, sofort auch andere Gegenstände. Im Anfange liegt also bei dieser Art des Schielens gar nichts Fixirtes in der Sehachse weder des einen noch des andern Auges; beide Augen sind schielend; und daß das eine der Augen vorzugsweise schielend werde, findet in der Angewöhnung einer bleibenden Convergenz der Augen für nahe Gegenstände noch keine vollkommene Erklärung. Denn es muß zur ausschließlichen Fixation mit einem Auge und zur Unthätigkeit des andern kommen. Soll sich aus einer angewöhnten Convergenz der Sehachsen, welche doch nur in Beziehung auf andere Gegenstände der Fixation Doppeltschielen ist (wobei nothwendig Doppelbilder auftreten), wahres Schielen ausbilden, so muß der Fortgang der Erscheinungen, wie es scheint, folgender seyn. Das Kind hat sich, durch alltägliche Fixation eines nahen Gegenstandes, an eine große Convergenz der Sehachsen a f b, Fig. 4. Taf. V. gewöhnt. Um einen ferneren Gegenstand c zu fixiren, können die zu großer Convergenz genöthigten Augen nur mit großer Mühe ihre Sehachsen in c vereinigen. Es wird daher nur eine der Sehachsen auf c gewandt, wobei die gewohnte Convergenz der Sehachsen bleibt. Und so erscheint c in der Sehachse a c einmal deutlich, außer der Sehachse a f aber in einem undeutlichen Nebenbilde. So entsteht die Vernachläßigung eines Auges, die vielleicht noch durch den ursprünglichen Unterschied beider Augen in der Sehweite oder in dem guten Gesicht begünstigt wird. Das unthätige Auge aber nimmt mehr und mehr in seiner Schwachsichtigkeit zu, bis das Schielen zu der schon erläuterten Form, *strabismus amblyopicus* geworden ist. Die Behandlung dieser Art des Schielens leuchtet ein; sie ist, wenn das Schielen einmal ausgebildet ist, dieselbe, wie die der vorher erläuterten Arten. Um das vernachläßigte Auge zur Fixation zu erziehen, muß das gesunde bedeckt werden. Es gehört ferner zur Diätetik des kindlichen Lebens in Be-

treff der Erziehung des Gesichtssinnes, daß die ausschließliche Fixation irgend eines Gegenstandes bestimmter Entfernung vermieden werde. Das Kind soll Gelegenheit haben, in spielender Thätigkeit alle Gegenstände aller Entfernungen fixiren zu können. Nichts ist in dieser Beziehung schädlicher, als wenn sich über den Betten der Kinder glänzende oder ausgezeichnete Gegenstände befinden, welche jene zu einer dauernden Fixation und Aufmerksamkeit in ihrer Einsamkeit reizen. Nichts ist verkehrter, als die Belustigung der Wärterinnen, den Kindern, wenn sie sich mit Spielzeug zu unterhalten anfangen, dasselbe öfters recht nahe vor die Nase zu halten, um die Kinder zum Schielen, oder, wie sie sich auszudrücken pflegen, zum Zusammenstechen der Augen zu zwingen.

Beer *), indem er diesen Mißbrauch rügt, erwähnt auch eines *strabismus divergens*, der bei den Kindern durch Angewöhnung entstehen soll. Seine Worte sind folgende: » Sind in der Kinderstube verschiedene Gegenstände befindlich, deren bald einer dieses, bald ein anderer jenes Auge des Kindes auf sich zieht, so entsteht gar leicht ein sogenanntes divergirendes Schielen. «

Die Divergenz der Augen liegt aber, trotz aller Anstrengung, nicht im Bereiche unserer Willkühr, und entsteht immer durch Krampf oder Lähmung eines Augenmuskels, oder durch äußern Druck auf das Auge. Ueberdieß ist es, bei sonst gesundem Sehorgane, ganz unmöglich und mit physiologischen Grundsätzen im Widerspruche, daß beide Augen auf verschiedene Gegenstände ihre Aufmerksamkeit richten. Denn was den divergirenden Augen in der Richtung der Sehachse liegt, fällt doch immer im subjectiven Sehraume an demselben Orte zusammen.

---

*) a. a. O. S. 669.

5. Strabismus Myopum.

Schielen der Kurzsichtigen.

Das Schielen der Kurzsichtigen ist von dem Schielen aus einem verschiedenen presbyopischen und myopischen Zustande beider Augen (strabismus ciliaris) wohl zu unterscheiden. Es ist bekannt, daß die Kurzsichtigen die nächsten Gegenstände nur mit einem Auge betrachten, während das andere, auch kurzsichtige Auge, mit seiner Sehachse ganz abgelenkt und in die Ferne gerichtet, undeutlich oder gar nicht sieht. Mit der Fixation der ferneren Gegenstände ist in der Sphäre der Gesundheit auch der Refractionszustand für die Ferne nothwendig verbunden. Bei den Kurzsichtigen, die nur in der größten Nähe deutlich sehen, ist mit der Convergenz für die Ferne der Refractionszustand für die größte Nähe verbunden; und mit einer convergirenden Stellung der Augen für die nächsten Objecte würden, bei der gleichzeitigen Abänderung des Refractionszustandes, vielleicht diese nicht einmal deutlich erscheinen. Zudem kömmt ein anderer Umstand, der vielleicht noch wesentlicher ist. Wollte der Kurzsichtige mit beiden Augen lesen, so würde die große Convergenz beider Augen mit vieler Anstrengung verbunden seyn. Daher vernachläßigt der Kurzsichtige, wenn er viel mit freiem Auge liest, endlich das eine Auge ganz, das sich dann auf immer von der normalen Richtung der Sehachse mehr oder weniger verstellt.

II. (6.) *Strabismus lusciosus; Luscitas.* Unbewegliches Schielen mit einem Auge; Schiefsehen.

In allen Bewegungen des gesunden Auges ist das schielende unbeweglich, oder der Kreis seiner Bewegungen

nur sehr gering. Fig. 5. Taf. V. a das bewegliche, b das unbewegliche schielende Auge.

Die nächste Ursache ist hier entweder

1. in der Augenhöhle selbst gelegen, und dann ist sie immer eine organische Verletzung, wie Verwundung, Vereiterung eines Augenmuskels, Verletzung der Bewegungsnerven, Geschwülste aller Art, welche den Augapfel verdrängen, endlich die Thränendrüsenentzündung, die Augenhöhlenentzündung und ihre Folgen, oder

2. die nächste Ursache des unbeweglichen Schielens geht vom Gehirne aus und ist paralitischer Art. Vielleicht sind noch andere paralytische Symptome vorhanden, oder das unbewegliche Schielen ist nur ein Symptom der Hemiplegie.

Das Schielen kann sowohl convergirend als divergirend seyn. Im Anfange kann Doppeltsehen vorhanden seyn, wenn das Auge in Folge des Druckes oder des Hirnleidens nicht amaurotisch geworden. Die Behandlung der *Luscitas* richtet sich nach der nächsten Ursache und berücksichtigt das symptomatische Schielen als solches gar nicht.

III. (7.) *Strabismus duplex.* Doppeltschielen ohne Fixation.

Das Schielen mit beiden Augen gehört schon der Sphäre der Gesundheit an. Den nächsten Gegenstand Fig. 3. Taf. V. bei einer großen Convergenz der Augen fixirend, schielen wir in Beziehung auf den ferneren c. Ueberdieß treten auch im gesunden Zustande Fälle ein, wo die Augen aus ethischen Bestimmungen, ohne bestimmte Fixation des betrachteten Gegenstandes, den Blick vielmehr für

die Nähe haben, und also für den Beobachter, welcher außer dem Horopter ist, den Ausdruck einer gewissen Art des Schielens haben müssen. Diese Art des natürlichen Schielens ist begreiflich immer nur convergirend, nie divergirend. Die Alten bezeichneten dieses unbestimmte Betrachten des Gegenstandes, wovon in dem Abschnitte von dem menschlichen Blicke das Weitere, mit den Worten λόξον βλέπειν, limis oculis adspicere, wobei an das einseitige krankhafte Schielen nicht gedacht werden darf. Auch ist diese Art kaum merklichen und nur den Ausdruck des Blickes verändernden Schielens im Gegensatze des pathologischen sehr gut in der sprichwörtlichen Diction, haec res de Venere paeta strabam facit, ausgedrückt.

Das Schielen mit beiden Augen ohne Fixation eines Gegenstandes tritt aber auch im krankhaften Zustande auf, und zwar als Symptom allgemeiner Nervenschwäche, der Helminthiasis, der Hysterie, des Veitstanzes und aller Nervenleiden, welche sich in krampfhaften Affectionen äußern, endlich in Folge organischer Krankheiten des Gehirns und namentlich des innern Wasserkopfes. Die Augenmuskeln sind entweder krampfhaft afficirt oder unvollkommen gelähmt. Das Schielen ist bald convergirend, bald divergirend, in der Regel vorübergehend, wenn es nicht in organischen Leiden des Gehirns bedingt ist.

IV. (8.) *Strabismus incongruus.* Schielen aus einer verkehrten Identität der beiden Sehfelder.

De la Hire*) behauptete zu seiner Zeit, das Schielen bestehe in einem solchen Fehler des Auges, worin der empfindlichste Theil der Netzhaut nicht in die Richtung der Augenachse, sondern etwas zur Seite falle, so daß daher nicht die Augenachse, sondern dieser empfindlichste Theil der Netzhaut nach dem Gegenstande gekehrt werde, auf welchen die Achse des andern Auges gerichtet ist, und beide Achsen also nicht auf denselben Punkt treffen. In dieser Bemerkung liegt die dunkle Vorstellung einer besondern Art des Schielens, deren Unterscheidung von der größten Wichtigkeit ist, und die bisher immer übersehen worden. Trorler allein hat in einer schon früher angeführten Abhandlung über das Doppeltsehen und Schielen, bestimmter darauf hingedeutet. Aber so sehr dieses anzuerkennen ist, so sind doch gerade diese Untersuchungen von Trorler, indem sie mit polaren Gegensätzen spielen, verworren und klare Begriffe verläugnend; und unerquicklich ist, so viel Geist bei so wenig Methode verschwendet zu sehen.

Die Art des Schielens, welche ich meine, ist angeboren und unheilbar; sie beruht auf einem Unterschied in der Lage der identischen Stellen der Netzhäute beider Augen; so daß diese zwar vollkommen subjectiv eins sind, das Identische aber in beiden Augen anderen Meridianen angehört, daß z. B. der Mittelpunct der Netzhaut in dem einen Auge einer identischen Stelle des andern Auges entspricht, welche vom Mittelpuncte des Auges selbst entfernt ist. Und derselbe Unterschied des Raumes tritt so zwischen allen anderen identischen Theilen ein. Wodurch

*) Priestley's Geschichte der Optik, übers. v. G. S. Klügel. Leipzig 1775. S. 468.

das Subject gezwungen ist, gerade um des deutlichen und einfachen Sehens willen, nicht die Augenachsen in dem Object der Fixation zu kreuzen, sondern die Augen so schielend zu stellen, daß die örtlich verschiedenen identischen Stellen beider Augen gleiche Eindrücke erhalten. Fig. 6. Taf. V. a d die Sehachse und Augenachse des gesunden Auges, b c die Sehachse des schielenden Auges, b d die Augenachse desselben, c der Gegenstand der Fixation. Diese Art des Schielens ist so wenig heilbar, als das Schielen der Thiere, so daß das Individuum nur schielend recht sieht, doppelt aber, sobald es die beiden Augenachsen auf das Object der Fixation richten wollte. So wie nun hier die Sehachsen und Augenachsen verschieden sind, wenigstens in einem Auge, so liegt in diesem Bildungsfehler eine regressive Metamorphose zur thierischen Bildung. Das Volk hat ein moralisches Vorurtheil gegen die Schielenden nicht verläugnen können. In diesem einzigen Falle aber beruht das Schielen allein auf einer präformirten, nicht erworbenen Unvollkommenheit, Verstümmelung des Sinnesorganes selbst. Uebrigens ist diese Art des Schielens nicht selten, in der Regel aber nur gering, so daß sie bei einem sonst sichern Blick und gleicher Integrität der Augen in Hinsicht der inneren Veränderungen wenig auffällt. Die Bewegungsorgane der Augen sind ganz gesund; vor der Erziehung des Gesichtssinnes haben die Augen ihre normale Stellung; sobald aber das Kind zu fixiren anfängt, lernt es auch, um des einfachen Sehens willen, das für seinen Sinn nothwendige Schielen ohne Doppeltsehen, welches nothwendig bleibend für sein ganzes Leben ist. Die Diagnose dieser für die Unterscheidung so sehr wichtigen Art des Schielens ist sehr leicht. Das einzige aber sichere Merkmal ist, daß, wenn das Individuum eine andere Stellung der Augen gegen das Object der Fixation annimmt, als die ihm natürliche, oder, wenn es Gegenstände anderer

Fernen zu fixiren sucht, ihm das erstere doppelt erscheint. Bei den übrigen Arten des Schielens sind im Anfange Doppelbilder vorhanden; später tritt Einfachsehen ein durch die Unthätigkeit des kranken Auges; beim angebornen Schielen ist das Sehen immer einfach; aber bei einer nicht fixirenden Stellung der schielenden Augen tritt Doppeltsehen ein. Ich bin auf diese Art des Schielens, bei welcher aller Versuch der Heilung vergeblich ist, weil die Gesundheit des Sinnes nur mit dem Schielen besteht, sehr aufmerksam gewesen. Ich habe mich häufig von ihrem Vorhandenseyn überzeugt.

Bei Kindern ist überhaupt das Schielen weniger auffallend; allein mit dem Wachsthum des Zwischenraumes der Augen wird natürlich auch der Winkel der Convergenz der Achsen für die fixirten Gegenstände immer größer; und so wächst auch das Schielen, abgesehen von einer zunehmenden Krankheit der Bewegungsorgane, in allen Fällen mit dem Alter bis zur vollkommenen Ausbildung des Kopfes. Alle Arten des Schielens können mit dem Wachsthum und der Abnahme ihrer nächsten Ursache wachsen und abnehmen; die letzte Art wächst nur mit dem Zwischenraume der Augen.

VI.

Ueber die Bewegungen der Augen

und

über den menschlichen Blick.

Combinirte Bewegungen der Augen. — Bewegung der Augen und Beleuchtung. — Bewegung der Augen und Gestalt der Objecte. — Sinnlichkeit der Bewegung. — Verschiedene Sehweite, contuitus. — Cernere, — contemplari. — Wechsel der Sehweite. — Mittlere individuelle Sehweite. — Entfernung der Augen. — Nutzanwendung. — Energie und Erethismus der Sehkraft, Bestimmtheit und Flüchtigkeit des Blickes.

» Dieß sey von uns gesagt, daß uns Gott um dessenwillen die Augen erfunden und das Gesicht geschenkt, damit wir die am Himmel offenbaren Bahnen des Verstandes schauten und zur Richtschnur der Bahnen unserer Erkenntniß machten, die mit jenen unwandelbaren zwar gleichbürtig, aber gestört worden sind. Haben wir dann dieß eingesehen und sind der Gesetze der natürlichen Ordnung theilhaftig geworden, sollen wir, nachahmend die allzumal unwandelbaren Bahnen Gottes, unsere irrigen ordnen. Von der Stimme und dem Gehör gilt das Nämliche, und um desselben willen sind sie uns von Gott gegeben. Die Harmonie nämlich, indem sie gleiche Bahnen mit den Bewegungen unseres Gemüthes hat, scheint denjenigen, die mit Einsicht den Musen vertraut sind, nicht zur unvernünftigen Wohllust, wie man wohl glaubt, dienlich zu seyn; sondern um die unharmonischen Bewegungen unseres Gemüthes, so sie dies geworden sind, zur schönen Ordnung und zur Symphonie mit sich selbst zu stimmen, ist sie uns helfend von den Musen gegeben. Auch der Rhythmus ward uns wegen der ungemessenen und anmuthslosen Neigungen der Meisten als Helfer gegeben. «

Plat. Tim. 47. B.

Man erwarte in den folgenden Untersuchungen keine Physiognomik derjenigen Theile des Gesichtes, welche in ihren Bewegungen die ethischen Veränderungen der Augen selbst begleiten. Ich habe auch nicht die Absicht, nach der Art, wie Polemon und Adamantius die Andeutungen des Aristoteles erweitert haben, mich über das Bedeutsame der Augenfarben auszusprechen. Ueber diese Verhältnisse ist so viel Wahres und Falsches geschrieben, daß es

eine sehr undankbare Arbeit wäre, hier zu sichten, ohne einen neuen fruchtbarern Gesichtspunct der Dinge zu eröffnen. Bei allen diesen Bestimmungen, welche meist die Umgebungen der Augen, oft nur die physiognomischen Extreme betreffen, weiß man sehr wohl, daß von dem, was man den Blick der Menschen nennt, fast nichts gesagt ist. Ich halte es darum für besser gethan, um die Auflösung jener unbekannten Größe im Gesicht zu behalten, von jenen dunkeln Bestimmungen, die in der Regel viel schlechter sagen, was die Poeten gut, aber bildlich von dem Blick des Menschen reden, sich ganz abzusondern. Ich habe es also mit demjenigen Blicke allein zu thun, der weder durch die Bewegungen der Augenlieder, noch durch die Lage der Augen, noch durch ihre Farbe, sondern durch die Veränderungen des Auges selbst, als einer sinnlichen Totalität, bestimmt wird. Wenn Le Brun der Meinung war, daß der Augapfel durch seine Bewegung nur Leidenschaft überhaupt, die Augenlieder und Augenbraunen aber den Modus der Leidenschaft ausdrücken, so kann man dieß nicht einmal für seinen malerischen Standpunct wahr finden. Aber es giebt noch andere Modificationen des Menschenblickes, als die sich in der Leidenschaft durch veränderte Beziehungen der weichen Theile offenbaren; und selbst den Malern wäre schlecht geholfen, wenn sie auf nichts Anderem als den Grundsätzen des Le Brun für die physiognomischen Extreme fusseten. Die Blicke der Menschen sind verschieden, wie die Schatten des Tages vom Morgen zum Abend; es giebt unendlich feine Unterschiede in der Temperatur des Auges, die nur durch die Bewegungen desselben gesichert sind. Von diesen Unterschieden gilt es, wenn Plinius sagt: Oculos cum osculamur, animum ipsum videmur attingere. Sie müssen zu bestimmen seyn, und es ist bei einer so weit gediehenen bildlichen Bezeichnung auch einmal Aufgabe des Naturfor-

schers, den objectiven Gründen des unverlöschlichen Eindruckes nachzuforschen. Die Physiognomik des Auges hat sich immer mit dem Blicke selbst gütlich abgefunden. Man ist gewöhnlich nicht über die Augenlieder hinausgekommen; Andere, wie Sue, sind bald beim Bewundern stehen geblieben. Engel hat die Aufgabe wohl sehr gut erkannt; er war aber nicht auf dem physiologischen Standpuncte. Porta ruht, außer einzelnen sinnreichen Andeutungen, nur auf Vergleichungen mit Thieren. Lavater ist in seinen Fragmenten über die Augen weggeeilt. Er ist nirgend dürftiger, als in dem kargen Abschnitte über die Augen. Und gerade in den Bewegungen und den ruhenden Bestimmungen der Augen, in welchen auch der Umfang ihrer Bewegungen ausgedrückt ist, liegt mehr Physiognomisches, als wahrer Inhalt in der Deuterei aus Zügen und der Conformation der weichen und festen Gebilde, weil in diesen das Wesentliche immer nur auf dem Boden des Zufälligen ausgesprochen ist; die Bewegungen des Auges aber und seine Ruhe sind außer allen zufälligen Bestimmungen, wie sie durch die ethischen Bedingungen seyn müssen. Die Aufgabe ist nun keine geringere, als bei dem Mangel aller Vorarbeiten, mit Ausschluß aller dunkeln nichts sagenden Bestimmungen, ein physiologisches Terminologium der Bewegungen der Augen und des Menschenblickes zu entwerfen, von welchem die Aussicht wäre, die objectiven Gründe des verschiedenen menschlichen Blickes beiläufig zu erkennen und solche Bezeichnungen wie »oculi placide ardent« in ihre objectiven physiologischen Merkmale aufzulösen. Die bisherigen Untersuchungen über das Sehen haben mich zu mancher freundlichen Aussicht geführt. Ich bin an ein schwieriges Werk gegangen; ich habe es mir durch scharfe Begrenzung meines Standpunctes und der wahren Aufgabe, durch den Ausschluß alles Fremdartigen recht schwierig gemacht; ich glaube aber, wenn ich auch nur Weniges andeu-

tend zu leisten im Stande bin, doch dieß, daß ich auf rechtem Wege bin. Ich habe mich sorgfältig gehütet, von etwas Anderem zu reden, als von dem Auge selbst; ich habe eben so sehr alle schlechthin sinnlichen Bezeichnungen für den Ausdruck des Auges vermieden. Fremde Gewährleistungen mangelten von selbst. Sonst ist es seit Aristoteles fast immer in der Physiognomik der Brauch gewesen, daß Einer den Anderen ausschrieb. Sprachliche treffende Bezeichnungen, an denen für das Auge die Griechische Sprache vorzugsweise reich ist, waren mir immer sehr beachtungswerth, weil sie oft auf einer tiefen und sinnreichen Anschauung der Natur ruhen. Aber diese Bezeichnungen sollten selbst wieder Gegenstände der Auflösung seyn.

Die gegenwärtigen Untersuchungen, wenn sie auch ein ganz geschlossenes Ganze bilden, setzen die Kenntniß mancher Bestimmungen voraus, welche in den vorherigen Abhandlungen gegeben sind, so wie denn überhaupt die Entstehung dieses Theiles, ohne die Grundlage der vorherigen, für den Verfasser unmöglich gewesen wäre. Ehe wir nun zur Untersuchung selbst schreiten, wird es nöthig seyn, theils uns dieser vorgängigen Bestimmungen zu erinnern, theils uns über einige in dem gegenwärtigen Buche nothwendig gewordenen Bezeichnungen zu verständigen.

1. Die Neigung der Sehachsen oder die Convergenz der Augen, nach Maßgabe der Entfernung der Objecte und innerer ethischer Bestimmungen veränderlich, muß dem Beobachter objectiv werden; und bei einer unendlichen Verschiedenheit jener Neigung vom Parallelismus der Sehachsen bis zum Schielen nach Innen ist auch der Ausdruck dieser beweglichen Convergenz für den Beobachter verschieden. Wir haben in unserer Sprache keine Bezeichnung für diese objectiv erkennbaren sinnlichen Beziehungen der Augen; wohl aber hat sie die Lateinische Sprache in dem Worte contuitus. So sagt Plinius, indem er von dem

geistigen Ausdrucke der Augen spricht: *Contuitu* quoque multiformes, truces, torvi, flagrantes, graves, transversi, limi, submissi, blandi. Hist. nat. lib. XI. cap. 54.

2. Die Entfernung des Convergenzpunctes der Sehachsen ist von uns schon früher die Sehweite oder der Horopter der Augen genannt worden. Sind die Augen bei einer bestimmten Neigung derselben beweglich, so beschreibt der Convergenzpunct der Sehachsen in der äußern Natur einen Kreis, in dessen Peripherie die Gegenstände der Fixation liegen, und dessen Sehne die Entfernung der beiden Augen ist.

3. Diejenige Sehweite der Augen bei einer bestimmten Neigung der Sehachsen, welche dem Individuum zukommt unter einem unendlichen Wechsel des Contuitus vermöge der momentanen Bestimmung, habe ich die mittlere Sehweite, den mittleren Horopter oder den Mesoropter genannt.

4. Wenn von der Bewegung des Convergenzpunctes der Sehachsen geredet wird, so ist damit derjenige lineare Fortschritt verstanden, der in der äußern Natur durch die in ihrer Kreuzung fixirenden Sehachsen während der Bewegung der Augen verzeichnet wird.

5. Die Größe der Pupille ändert mit der Neigung der Sehachsen, sie wird um so größer, je größer die Entfernung des Gegenstandes, oder je kleiner der Winkel der fixirenden Sehachsen. Die Sehweite der Augen ist also auch außer dem Contuitus durch die Größe der Pupille erkennbar.

6. Wenn die Sehachsen in dem Objecte sich kreuzen, werden identische Theile beider Netzhäute gleich afficirt, und es wird einfach gesehen. Doppelbilder sind im andern Falle unvermeidlich.

7. Ein Auge bewegt sich nie gegen das ruhende andere, oder beide Augen verändern nicht die Neigung der

Sehachsen, ohne daß der Refractionszustand für die Ferne des Convergenzpunctes der Sehachsen nothwendig bestimmt sey, oder daß die in der Ebene des Horopters gelegenen Gegenstände deutlich gesehen werden, wenn eben dieselben bei einem andern Horopter undeutlich werden müssen.

8. Alle Gegenstände also, welche in der kreisförmigen Ebene des Horopters liegen, werden einfach und deutlich, alle Gegenstände außerhalb derselben werden doppelt und undeutlich gesehen.

Ueber die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick.

Ich glaube diese Untersuchungen nicht besser beginnen zu können, als wenn ich an Etwas erinnere, was Purkinje gesagt hat. In seiner Schrift über das subjective Sehen, hat dieser geistreiche Naturforscher zuerst in einer sinnvollen Weise auf das Bedeutsame in den Bewegungen der Augen aufmerksam gemacht. Ich muß gestehen, daß ich zum Theil durch die Andeutungen, die dort gegeben sind, auf die Untersuchungen, welche ich mitzutheilen im Begriffe bin, geleitet worden.

»Beim Anschauen regelmäßiger geometrischer Linien, Schnecken, Kreise und Wellenlinien, systematischer Gestalten, Zierrathen, Schnirkeln, wo überhaupt Gesetz und Nothwendigkeit herrscht, fühlt sich das Auge unwillkührlich von den Umrissen der äußeren Gegenstände fortgezogen; die Bewegungen sind erleichtert, ja selbst automatisch, so daß sie auf die Gegenstände übertragen werden, in denen nun ein eigenes Leben und Bewegen erscheint, was einen eigenthümlichen Eindruck gewährt, und ebenfalls von leisen Spannungsgefühlen des Augapfels begleitet wird. Es wäre der Mühe werth, diese Art Augenmusik, die uns allenthalben aus der Natur und Kunstwelt entgegenwinkt, als einen eigenen Kunstgegenstand zu bearbeiten. Bis jetzt scheint noch nicht die Zeit für diese Kunst gekommen zu seyn; sie muß als Sclavin zu Verzierungen von Kleidern, Gebäu-

den, Gärten dienen. Nur im Feuerwerk, im Tanz, so wie in gymnastischen Vorstellungen, Altären, Ziergärten, transparenten Kreisen mit Centralbewegungen, und neuerlichst im Kaleidoscope hat sie bisher ein selbstständiges Leben begonnen, wird aber immer noch, weil sie zum Theil mit Gauklern durch die Welt zieht, vom vornehmen Geschmacke verkannt und übersehen.«

Combinirte Bewegungen der Augen.

Wenn die Augen in der Fixation linear fortschreitend eine horizontale Fläche durchlaufen, so ist diese Bewegung mit eigenthümlichen unangenehmen Spannungen in den Augenmuskeln verbunden. Das Auge sucht jeden Augenblick in andern Bewegungen die Horizontallinie zu verlassen; man übersieht in diesem Schwanken Theile der gegebenen linearen Begrenzung; und wenn man das Ende der Linie erreicht hat, so sind die fortschreitenden Bewegungen des Auges oft nichts weniger als geradlinig gewesen. Diese Erfahrung beruht auf dem Grunde, daß, wenn die beiden Augen fixirend in dem Convergenzpuncte ihrer Achsen eine horizontale Linie ohne Abweichung messen sollen, beide Augen in gleichen Zeiten ungleiche Räume in ihren Bewegungen vollenden müssen; man wird sich davon leicht durch die Anschauung überzeugen können.

Wenn Fig. 1. Taf. VI. a und b die Augen, c d die horizontale mit der Fläche, in welcher die Augen liegen, parallele Linie, so wird der Convergenzpunct der Achsen, wenn er durch die combinirten Bewegungen der Augen auf der Fläche c d fortrückt, die Punkte f, g durchlaufen. Und zwar ist der Convergenzpunct in f, so hat das Auge a bewegend den Bogen des Winkels e a f, das Auge b in

gleicher Zeit den Bogen des Winkels e b f gemessen. Beide Winkel sind aber ungleich, und zwar ist der Bogen des Auges b größer, weil ein Kreis, der die Puncte e a b umzieht, den entfernteren Punct f ausschließt. In diesem Kreise nämlich würde a b irgend eine Sehne seyn. Da nun in einem Kreise alle durch ihn selbst begrenzte Dreiecke, die zur Basis dieselbe Sehne haben, gleiche Winkel an der Peripherie des Kreises bilden, so wird der Winkel a e b größer seyn als der Winkel a f b; folglich ebenfalls der Winkel e a f kleiner als der Winkel e b f. Dieß gilt nun sofort für jeden Firationspunct der Linie c d. So ist für den Convergenzpunct g der Bogen des Auges a durch den Winkel f a g kleiner als der Bogen des Auges b durch den Winkel f b g, weil der Winkel a f b größer ist als der Winkel a g b. Da nun beide Augen, indem der Firationspunct auf der horizontalen Linie c d fortrückt, die Bogen ungleicher Winkel in gleichen Zeiten zurücklegen, so muß die Bewegung des einen Auges für jeden Firationspunkt immer schneller seyn. In der Mitte e der horizontalen Linie c d, von welcher aus der Perpendikel auf die Linie a b diese in zwei gleiche Theile theilt, müssen sich die ungleichen Bewegungsmomente ausgleichen. In der fortschreitenden Fixation von e nach d und weiter sind die Bewegungen des Auges b schneller, von e nach c und weiter die Bewegungen desselben Auges langsamer.

Aus diesem Grunde ist diese Art zusammengesetzter Bewegung den Augen schwierig, und von unangenehmen Spannungsgefühlen begleitet. Die Augen weichen dem gleichmäßigen Fortrücken der Fixation auf einer horizontalen Linie aus. Wir haben nun zu suchen, auf welche Art die Augen, diese unnatürlichen Bewegungen meidend, sich thätig verhalten, oder, was dasselbe ist, welche die naturgemäßen, leichten und harmonischen Bewegungen der Augen sind?

Lassen wir die Augen, ohne äußeres fixirtes Gesichtsobject, bei einer bestimmten unabänderlichen Neigung ihrer Achsen, in ihren Bewegungen seitlich fortrücken, so daß nicht, wie in dem vorigen Falle, in gleichen Zeiten ungleiche Räume zurückgelegt werden, sondern daß die Augen immer gleiche Bogenabschnitte gleichzeitig messen, so wird die Linie, welche der Convergenzpunct der Achsen in den Bewegungen der Augen unwillkührlich beschreibt, eine Kreislinie seyn. Der Horopter ist unter diesen Bedingungen bleibend sphärisch.

In Fig. 2. Taf. VI. seyen a, b die Augen, c der ursprüngliche Convergenzpunct der Sehachsen, also $< a c b$ der beständige Neigungswinkel der Sehachsen in allen Bewegungen der Augen. Rückt dann der Convergenzpunct c so fort, daß die Achsen a c und b c gleichzeitig immer gleiche Räume durchlaufen, so daß $< c a d = c b d$, ferner $< d a e = d b e$, so werden auch die Winkel a c b, a d b, a e b u. s. w. einander gleich seyn müssen. Also wenn die Augen in gleichen Zeiten gleiche Räume messen, so sind die Neigungswinkel ihrer Achsen nothwendig gleich, und umgekehrt. Nun liegt es aber im Wesen des Kreises, daß alle Dreiecke, die auf einer Sehne desselben Kreises als ihrer Basis gegen die Peripherie construirt werden können, auch gleiche Winkel an der Peripherie bilden. In unserm Falle kann die beständige Entfernung beider Augen, a b als Sehne eines Kreises gedacht werden, dessen Peripherie durch die Punkte a c d e b durchgeht. Denn die Dreiecke, welche die Achsen der Augen gemeinschaftlich mit der beständigen Entfernung der Augen a b bilden, nämlich $\triangle$ a c b, $\triangle$ a d b, $\triangle$ a e b, haben alle, bei einer gemeinschaftlichen Basis a b, gleiche der Basis gegenüberstehende Winkel. Folglich muß die Linie, welche die gleichen Neigungswinkel der Sehachsen verbindet, eine Kreislinie seyn. Die Augen werden also bei jedem beliebigen, aber constanten

Neigungswinkel der Achsen, in sofern sie beide in gleichen Zeiten gleiche Räume durchmessen, in den Fixationspuncten unwillkührlich und nothwendig eine Kreislinie beschreiben, von welcher die Entfernung der beiden Augen eine Sehne ist.

Mit der Größe des Neigungswinkels der Sehachsen wird die Größe des Kreises, den die Augen in ihren Bewegungen auf diese Art beschreiben, abnehmen, indem die Sehne a b, oder die Entfernung der beiden Augen, immer mehr dem Durchmesser des Kreises näher kommt; so daß, wenn der Neigungswinkel der Achsen ein Rechter geworden ist, der Durchmesser des zu beschreibenden Kreises gleich wird der Entfernung der Augen selbst. Umgekehrt, je kleiner die Neigungswinkel der Sehachsen sind, oder je ferner der Horopter ist, um so größer wird jener Kreis werden, den die Augen gleichzeitig in ihren Bewegungen messen; er wird unendlich groß bei einer unendlichen Entfernung des Convergenzpunctes der Achsen, oder beim Parallelismus derselben.

Ferner: die Abschnitte der von dem beweglichen Convergenzpuncte der Achsen in der äußern Welt zu beschreibenden Kreise müssen um so größer seyn, je kleiner die Neigungswinkel der Sehachsen, oder je ferner der ursprüngliche Horopter ist, oder endlich, je kleiner die Entfernung der Augen im Verhältniß zum Durchmesser des Kreises selbst ist, bis zuletzt, wo die Entfernung der Augen Durchmesser des Kreises selbst geworden ist, der Abschnitt Halbkreis wird, bei einem unendlich fernen Horopter aber, gegen welchen die Entfernung der Augen a b als Sehne nicht mehr in Betracht kommt, in einen vollkommenen Kreis übergeht. Indessen kömmt es bei der Bewegung der Augen nie zur Beschreibung so kleiner Kreise vermittelst ihres denkbaren Convergenzpunctes, deren Durchmesser der Entfernung der Augenmittelpuncte selbst gleich wäre. Solche Bewegungen der Augen würden schielend seyn, da der

Neigungswinkel der Sehachsen in diesem Falle gleich 90 Graden wäre.

Wir haben gesehen, daß, wenn die Augen bei einer gewissen Neigung ihrer Achsen gleiche Räume in gleichen Zeiten bewegend messen, die Gegenstände des Sehraumes, welche in Folge jener Bewegung nach einander in die Firation des Blickes gelangen und sofort einfach und deutlich gesehen werden, in einer horizontalen Kreislinie liegen, von welcher die Entfernung der Augen eine Sehne ist. Daraus folgt, daß bei einer solchen Rotation der Augen die Gegenstände jener Kreislinie oder des kreisförmigen Horopters an den Seitentheilen des Kreises den Augen am nächsten sind, und daß sich die Gegenstände der Fixation und des einfachen Sehens um so mehr von den Augen entfernen, je weniger sie dem Gesichte selbst seitlich gelegen sind. So werden für den Neigungswinkel der Sehachsen $< a\,c\,b$ die Gesichtsobjecte der äußern Natur, die in den Kreis $a\,c\,d\,e\,b$ fallen, während der Rotation der Augen nach einander fixirt, d. h. deutlich und einfach gesehen; alles Andere aber, was außer des kreisförmigen Horopters in der Natur gelegen ist, wird in undeutlichen Doppelbildern erscheinen müssen, für welche die entwickelten Gesetze des Doppeltsehens gelten. Und so sind die Kreise der deutlichen und einfachen Bilder bei andern Neigungswinkeln, z. B. x, y, u. s. w. Wenn man die Augen ohne Aufmerksamkeit auf besondere Gegenstände das Gesichtsfeld kreisförmig durchlaufen läßt, so erscheinen bei den seitlichen Anfängen der Kreisbewegung die allernächsten Gesichtsobjecte, wie etwa der Boden, die Wiese, auf welchen man steht, in allen Theilen deutlich und einfach. Mit dem Fortschreiten der Kreisbewegung sind die Gegenstände des deutlichen und einfachen Sehens immer entfernter, bis in dem andern seitlichen Extrem wieder die allernächsten Objecte unwillkührlich, wenn man so sagen kann, fixirt werden.

In der That müßten, da die Sehachsen der beiden Augen bis zum Convergenzpuncte für die seitlichen Theile des Kreisabschnittes ungleich lang sind, oder da die seitlichen Gesichtsobjecte, besonders bei kleinen Kreisen, für beide Augen in verschiedenen Entfernungen liegen, die inneren Veränderungen beider Augen zum Zweck des deutlichen Sehens seitlicher Gegenstände ungleich seyn. Aber die Kreisbewegungen beider Augen sind meist nur freie Bewegungen, wo es den Augen nicht um die Fixation des Einzelnen, sondern um die Schönheit der Bewegung selbst bei einem wohlthätigen Totaleindrucke der Gesichtswelt zu thun ist. Die inneren Veränderungen des Auges sind also bei diesen Bewegungen, wenn auch durch die Neigung der Sehachsen und die Entfernung der Objecte bestimmt, selbst unwesentlich.

Sind die Rotationen der beiden Augen der Art, daß diese zwar in gleichen Zeiten ungleiche Räume durchmessen, ein gewisses Verhältniß aber der ungleichen Bewegungsräume beider Augen in gleichen Zeiten beständig beobachtet wird, wie etwa wenn das eine Auge immer in gleicher Zeit noch einmal oder 3mal, 4mal so viel Raum rotirend durchmißt, als das andere, kurz wenn die Bewegungsräume beider Augen in verschiedenen Progressionen wachsen, so sind die Linien welche der Convergenzpunct der Achsen in der Gesichtswelt beschreibt, die Linien, in welchen die Gegenstände deutlich und einfach gesehen werden, zwar auch kreisförmig, gehören aber andern Kreisen an, als von welchen die Entfernung der Augen eine Sehne seyn kann. Sind aber die Bewegungen des einen Auges accelerirt, so daß die Bewegungsräume des einen Auges im Quadrate der Bewegungsräume des andern in gleichen Zeiten wachsen, so ist die durchmessene Sehgrenze nicht mehr sphärisch, sondern gehört den Curven des Kegels an, wie man sich durch anschauliche Construction leicht über-

zeugen kann. Wenn die Augen in ihren combinirten Bewegungen in diese Verhältnisse nur sehr schwierig eingehen, so ist ihnen keine Bewegung schwieriger, als diejenige, durch welche der Convergenzpunct der Achsen in geraden Linien fortschreitet, als welche nämlich auf kein gesetzmäßiges Verhältniß zurückgeführt werden kann.

Zu diesem kommt ein anderer Widerspruch bei der simultanen Bewegung beider Augen. Da nämlich mit einer bestimmten Neigung der Sehachsen, aus Gründen, die früher entwickelt worden, der Refractionszustand der Augen verändert wird für denjenigen Horopter, für welchen Behufs des Einfachsehens die Sehachsen eine bestimmte Convergenz haben, so muß im Verfolg einer geraden Linie außerhalb dem kreisförmigen Horopter, wobei die Neigung der Sehachsen immer sich ändert, auch der Refractionszustand der Augen unaufhörlich in leisen Veränderungen wechseln, was dem Auge unmöglich wohlthätig seyn kann.

Bewegung der Augen und Beleuchtung.

Es ist offenbar, warum die Augen in ihren combinirten Bewegungen keine Linie leichter und gefälliger als die Kreislinie beschreiben. Die Bewegungen der Augen sind unter diesen Umständen die einfachsten, gleichförmigsten; beide Augen messen in gleichen Zeiten gleiche Räume, und der Neigungswinkel der Sehachsen, so wie der Refractionszustand der Augen sind bleibend. Bei der Betrachtung großer ruhiger Naturscenen, des gestirnten Himmels, wo der Eindruck die Sinnlichkeit des ganzen Auges in Anspruch nimmt, nnd die Bewegungen der Augen nicht durch das ausgezeichnete Einzelne bestimmt werden, liebt das Auge, im Blicke größere und kleinere Kreise bei einer

größeren und kleineren Sehweite in der äußern Natur zu messen. Bei einer solchen Stimmung der Seele, wie sie durch die ruhige Betrachtung eines schönen Himmels, einer schön beleuchteten Landschaft befördert wird, hat das Auge nicht Lust an dem Einzelnen, sondern, was es sucht, findet es überall in jeder Wendung des Blickes. Dann ist das Auge allwärts von dem Lichte befriedigt und voll innerer Lust, die sich nicht schöner als in einer freien, nicht durch das Einzelne bestimmten, vielmehr fesselosen Bewegung der Augen ausspricht. Der Wansbecker Bote, wenn er, den gestirnten Himmel betrachtend, sich seines Gottes freute, hätte uns von diesem Blicke, dieser Bewegung der Augen sagen können. Es ist die ethische Wirkung der mehr schattigen Farben, welche Göthe die Farben der Minusseite genannt hat, daß sie, wenn sie größere Strecken unseres Gesichtsfeldes einnehmen, jene Stimmung der Seele und diese Bewegungen der Augen nähren und unterstützen. Das gilt am meisten von dem reinen Blauen. Diese Wirkung rührt, im Vergleich mit dem Eindruck der mehr hellen Farben, zum großen Theil von dem Schattigen der Farben überhaupt her. Göthe sagt: das Blaue zieht uns nach sich. Ich glaube, daß man die Wirkung des Blauen auf das Auge am besten so ausdrücken kann, daß es von allen Farben am liebsten in der größten Ausdehnung, einen großen Theil des Gesichtsfeldes einnehmend, vertragen werde, daß es als Farbe der Auszeichnung nicht sehr gut, um so besser aber als Farbe des Grundes wirke, die Sinnlichkeit des ganzen Auges, ohne Reiz und Gegensatz, wohlthätig anspreche, und eben dadurch die freien harmonischen Bewegungen der beiden Augen in der Breite in besonderem Grade begünstige. Die Beweglichkeit der Sehweite in die Tiefe des Raumes scheint sich nicht wohl mit dieser Wirkung zu einen. Die Sehweite ist dann am beweglichsten, wenn man am meisten dauernd zu fixiren versucht, wenn

das Einzelne zu einer dauernden Aufmerksamkeit reizt. Umgekehrt kann man vielleicht von den Farben der Plusseite, dem Gelben und Rothen und ihren Nuancen sagen, daß sie, selbst wenn sie in größeren Massen über das Gesichtsfeld sich verbreitend auf das Auge wirken, im Gegensatze mit jenen harmonisch-combinirten Bewegungen der beiden Augen sind. In einer rothbeleuchteten Landschaft würde das Auge nicht, an einer ruhigen stillen Größe wie durch das Blaue sich sättigend, mit dem Blicke in der Ferne schweifen. Die hellen Farben gehören der ausgezeichneten Einzelheit zu; sie reizen das Auge. Einzelne Stellen der Netzhaut zum Gegensatze aufrufend, werden sie am liebsten in einer kleineren Ausdehnung vertragen. Der Blick ist durch sie gefesselt, gebannt. Durch den Reiz zu einer dauernden Fixation, welche das Auge in einer bestimmten Sehweite nicht erträgt, befördern sie die Beweglichkeit der Sehweite durch die Tiefe des Raumes. Bei der dauernden Fixation der helleren Farben verlängert und verkürzt das Auge in stetem Wechsel seine Sehweite, sich in sich selbst gleichsam von der Macht des blendenden Eindruckes erhohlend. Von dem Grünen kann man ganz weder das Eine noch das Andere sagen. In ihm sind jene Gegensätze einer beruhigenden Allgemeinheit und einer blendenden fesselnden Einzelnheit beschwichtigt. Die Farbe der gesunden, lebendigen, pflanzlichen Natur, die noch keine Triebe hat, ist selbst zu einem heitern frischen Lebensgenusse auffordernd, ohne besondere Wirkung auf die thierischen Triebe.

Bewegung der Augen und Gestalt der Objecte.

Wir haben uns bisher bloß mit den combinirten Bewegungen der beiden Augen, wie diese bei einer bleibenden oder beweglichen Neigung der Sehachsen vor sich gehen, beschäftigt. Es ist offenbar, daß diese Bewegungen bloß durch die Contractionen der inneren und äußeren geraden Augenmuskeln bestimmt werden. Hier ist nun der Ort, auch von denjenigen Bewegungen der Augen zu sprechen, welche durch die Grenzen und die Figuren der Bilder in einer und derselben Fläche bestimmt sind, und wobei mehr und weniger auch die anderen Augenmuskeln mitwirken.

Es liegt am nächsten zu glauben, daß diejenigen Bewegungen des einzelnen Auges am leichtesten sind, in welchen bloß auf die einfachste Weise ein Augenmuskel thätig ist. Dieß ist aber keineswegs der Fall. Das Auge in der Augenhöhle frei schwebend, mit einem Muskelapparate ausgestattet, der ihm erlaubt, alle möglichen und denkbaren Verhältnisse der Grenzen von Licht, Schatten und Farben durch seine Bewegungen auf das Bestimmteste fixirend zu verfolgen, ist, wenn auch in keiner unmittelbaren Berührung der Gegenstände, dennoch durch diese seine Beziehungen wesentlich tastend, und es geht als bewegliches Sinnesorgan für die feinsten Lichtunterschiede in der Fläche in alle Beziehungen der Außenwelt selbst viel freier und leichter ein, als unsere eigenthümlichen Tastorgane.

Im Bewußtseyn dieser seiner Bestimmung verfolgt das Auge, bei der absoluten Freiheit und Leichtigkeit seiner Bewegungen im Umfang einer halben Sphäre, auch diejenigen Bewegungen am leichtesten und ungezwungensten, in welchen ihm seine eigene Freiheit am meisten offenbar wird, in welchen es sich in der Totalität seiner

Sinnlichkeit am meisten gewahr wird, in welchen alle seine Bewegungsorgane in einem gleichmäßigen und gesetzlichen Wechsel zur Aeußerung ihrer Thätigkeit kommen. In dieser Energie ist das Auge am meisten sinnlich. Es ist damit wie mit der Totalität des Farbenkreises in physiologischer Hinsicht. Die einzelne Farbe wirkt auf das Auge nur so lange wohlthätig, als der Eindruck vorübergehend ist; und das Auge tilgt den dauernden Eindruck einer und derselben Farbe durch den Gegensatz der Nachbilder und Blendungsbilder, in den harmonischen subjectiven Farben sich erhohlend und dadurch jedesmal die Totalität des Farbenkreises darstellend. So hat das Auge in den objectiven Farben: Roth, Violett, Blau, Grün, Gelb, Orange, und den ihnen in derselben Ordnung entsprechenden subjectiven Farben: Grün, Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau, als Nachbildern jedesmal den physiologischen Farbenkreis erschöpft, indem entweder die Elemente der subjectiven Blendungsfarbe als einer Mittelfarbe mit der objectiven Farbe als einer einfachen, oder die Elemente der objectiven Mittelfarbe mit der einfachen Blendungsfarbe, das Grundschema der Farben: Roth, Blau, Gelb wiederhohlen. Wie denn dieß wohl auch durch die Worte jenes schönen Räthsels von dem Auge:

Und doch ist, was es von sich strahlet,
oft schöner, als was es empfing,

ausgedrückt zu seyn scheint. In der ärmsten Abgeschiedenheit von der Lichtwelt, in der einförmigsten Natur, welche die Farbenpracht der vegetabilischen und mineralischen Formen abgelegt hat, ist das Auge in sich selbst reicher und in den Lichtphänomenen herrlicher, als seine Umgebung es seyn kann. Denn es ist falsch, wenn man sagt, seine Energieen seyen durch das äußere Licht bedingt; vielmehr treibt jedwede Art von Reiz auf das empfindliche Organ, Erschütterung, Druck, Friction, der galvanische

und electrische Gegensatz, ja die Pulse des eigenen Körpers, die Entzündung und die lebhafteste Phantasie das Auge zur Entwickelung lichter und farbiger Phänomene. Unter diesen Reizen ist das, was, wenn es die Netzhaut trifft, und nach den Gesetzen seiner Bewegung durch durchsichtige Mittel auf der Netzhaut, andere Theile anders afficirend, Bilder wirkt, Licht genannt wird, nicht der erste und vornehmste, sondern der gewöhnlichste Impuls. Wie das Auge den harmonischen Gegensatz der Farben, so fordert das Ohr zu seiner Befriedigung nothwendig den Dreiklang, den einzelnen Ton als ein Einseitiges, Unvollendetes, nur durch den Gegensatz Wohlthätiges erkennend.

So ist denn das Auge auch nur in denjenigen Bewegungen am meisten und ganz sinnlich, welche nicht einseitig durch einzelne Bewegungsorgane für sich veranlaßt werden, sondern in welchen ihm seine Freiheit am meisten aufgeschlossen wird, und in welchen seine unendlichen Beziehungen zur Grenze in der Außenwelt durch die Ortsveränderung am schönsten und freiesten sich ausdrücken. In dieser Beziehung ist die einfachste und leichteste Bewegung des Auges die Kreisbewegung, durch welche alle Augenmuskeln nach einander in wechselnden Contractionsgraden thätig sind. Das Auge beschreibt Bogenlinien nach oben, unten und zu den Seiten, entweder frei oder im Blicke kreisförmige Flächen verfolgend, mit vorzüglicher Leichtigkeit. Selbst wo wir in der Fixation von einem Gegenstande zu einem entlegenen derselben Fläche oder desselben Horopters übergehen, geschieht dieß in der Regel nicht in geraden Linien, sondern in Bogenlinien, die über oder unter der geraden Verbindungslinie der Gegenstände convex sind; es müßten denn auch die in der geraden Verbindungslinie gelegenen Puncte unsere besondere Aufmerksamkeit erregen und fesseln. So sind bei der vollkommenen

Kreisbewegung des Auges alle Augenmuskeln, sowohl die geraden als die schiefen, nach einander thätig, so daß die Contractionen des einen beginnen, wenn die des andern noch nicht aufgehört haben. In der halben Kreisbewegung aber, sowohl nach oben und unten als nach den Seiten innerhalb der Ebene des Gesichtes, sind immer drei gerade und ein schiefer Muskel, mit Ausschluß des vierten geraden und des andern schiefen, auf dieselbe Weise thätig. Der Mittelpunct dieser Bewegungen ist nicht der Mittelpunct des Auges zugleich, vielmehr, wie es scheint, dem Mittelpuncte der hintern converen Fläche des Auges entsprechend, so daß auch der Mittelpunct des innern Auges die Kreisbewegung in kleineren Bogen theilt. Auch habe ich mich überzeugt, indem ich verschiedene Puncte des Auges, die vorher mit Dinte auf dem Weißen bezeichnet worden waren, während der Kreisbewegung verfolgte, daß das Auge durch die Wirkung der schiefen Muskeln nicht zugleich um seine Längenachse rotirt wird; vielmehr die schiefen Muskeln nur die allgemeine Rotation des Augapfels durch die geraden Muskeln unterstützen, so daß die Längenachse des Auges, an ihrem hintern Ende selbst Centrum der Bewegung, in einer Kegelfläche rotirt wird; wobei der horizontale oder verticale Breitendurchmesser des Auges mit der horizontalen oder verticalen Ebene des Kopfes parallel bleibt. Es scheint demnach, daß in den combinirten Rotationen beider Augen in der Ebene des Gesichtes, weil das Zusammenwirken beider oberen oder beider unteren schiefen Muskeln die Rotation der Augen nach derselben Richtung aufheben würde, der obere schiefe Muskel des einen Auges mit dem untern schiefen des andern zugleich thätig zu seyn.

Wenn in der Kreisbewegung alle Augenmuskeln thätig sind, so sind in der horizontalen geradlinigen nur vorzugsweise einer, oder bei der schiefen geradlinigen Be-

wegung ein mittlerer und seitlicher gerader Muskel zugleich contrahirt.

Eine gerade Linie von größerer Länge fixirend zu verfolgen, fanden wir schon vorher für die combinirten Bewegungen beider Augen aus mehrfachen Gründen sehr schwierig. Auch das einzelne Auge vermeidet diese Bewegung aus den angegebenen Bestimmungen. Man fühlt das Auge beim Versuch einer solchen Bewegung gezerrt und unwillkührlich springt der Blick in kleineren und grösseren Bogenlinien von der bezeichneten geraden Richtung ab. Mögen wir horizontale oder schiefe gerade Linien mit dem Blicke verfolgen, so verbindet sich bei der simultanen Thätigkeit beider Augen die eine und die andere Schwierigkeit, weil die Neigung der Achsen fortdauernd ungleichmäßig verändert wird und der seitlich eintretende Sehnerve gezerrt wird. Letzteres fällt bei der geradlinigen senkrechten Bewegung der Augen weg; und darum scheinen unter den geradlinigen Bewegungen die senkrechten immer noch die leichtesten.

Das Auge wird aber nicht allein durch die Kreisbewegung sinnlich befriedigt. Vielmehr gehören hieher alle regelmäßigen, auf einer gesetzmäßigen Construction beruhenden und also auch durch eine gesetzmäßige Bewegung zu beschreibenden Curven, wie die Ellipse, die Wellenlinie, die Radlinie, die Schneckenlinie, weniger die Parabel und Hyperbel, welche letztere sich den geradlinigen Figuren mehr nähert. Am leichtesten und gefälligsten verfolgt das Auge die Wellenlinie und die Radlinie, weil diese Figuren, außerdem daß sie alle Augenmuskeln Behufs einer fortschreitenden Fixation in wechselnden Contractionsgraden leise ansprechen, auch nicht wie die Kreislinie in sich zurückkehrend sind, und Veranlassung geben, dasselbe gefällige Spiel zu wiederhohlen. Aeußeren Bewegungen in der Natur, wenn sie in der Wellen- und

Radlinie vor sich gehen, folgt das Auge mit besonderem Wohlgefallen, und nicht selten mit einem eigenthümlichen Lustgefühle seiner selbst. Dahin gehören: der Wellenschlag, der Tanz, der wallende Dampf, das Wogen der Flamme, der Flug der Vögel, Springquellen, leuchtende Meteore, und aller Art Feuerkünste.

Anmerkung. Es ist bemerkenswerth, daß diese Bewegungen zum Theil bei den Griechen und Römern Gegenstände der Weissagekunst waren, wie namentlich die wogende Flamme in der πυρομαντεία, der wallende Dampf in der καπνομαντεία; wie denn auch wahrscheinlich der Vogelflug durch die Art der Bewegung bemerkenswerth gewesen.

Die paraboliſchen und hyperboliſchen Bewegungen fallender Körper, die aufziehenden Streifen des Nordlichtes ziehen das Auge an. Auch die Spuren dieser Bewegungen sind dem Auge gleich erfreulich, denn in ihnen sind ja die Normen für seine eigenen Bewegungen verzeichnet. Die Kunst, auf eine sinnvolle Weise zu verzieren, hat hier ihren physiologischen Ursprung. Es sind aber nicht nur die ruhenden Formen, welche das Gemüth zu einer heitern Ruhe stimmen; sondern wie das Auge sich von den Umrissen hingezogen fühlt, indem es die Zeichen sieht von dem, was es sucht, werden die Bewegungen auf die Gegenstände selbst übertragen, und in ihnen reflectirt sich das Leben und Bewegen des Auges. Im Kepler'schen Sinne darf man hier von einer Musik der Augen reden.

In den geradlinigen Formen findet das Auge nicht, was es vermöge seiner Bewegungsbestimmungen sucht; auf diese können die Bewegungen des Auges selbst nicht übertragen werden; sie verstellen kein eigenes Bewegtseyn; sie sind in jeder Beziehung ruhig. Dennoch liebt das Auge diese Umrisse, wenn es in ihnen Gesetz und Maß

mit einem Blicke überschauen kann. In welchen Formen das Auge Gesetz und Einheit in seiner eigenen Ruhe erblickt, diese liebt es auch ruhend, zu keiner Bewegung veranlaßt. Aus diesem Grunde, bemerkte schon der unsterbliche Kepler, sieht das Auge gerne kleinere Umrisse von Dreiecken, Vierecken, Fünfecken, Sechsecken, mit Ausschluß der Siebenecke, welche auf höhere Gleichungen führen. Wenn geradlinige Formen zu größeren Massen vereinigt sind, so fordert das Auge von diesen, daß ihm wie im Ganzen, so in allen einzelnen Theilen Maß und Gesetz geboten werde. Der Eindruck großer mit Kunstaufwand aufgeführter Gebäude ist erhaben; denn die Seele ist befriedigt durch den Gedanken einer durch Gesetz und schönes Verhältniß bedingten Ruhe der Massen. Bei der Betrachtung solcher Formen sind die Bewegungen weniger automatisch; das Auge ist im Bewundern ruhig, und seltener springt es zu anderen Fixationspuncten über, von welchen aus es das Ganze überschaut, zu einem allgemeinen großartigen Eindrucke gelangend. Die Wölbungen und Bogengänge gestatten dem Auge schon einen größern Spielraum. Ueberall aber lassen sich in den Bausystemen, in welchen der Geist sich zum Erhabenen und Schönen aufgeschwungen, dieselben Grundformen erkennen, in denen die Massen zur Gliederung des Ganzen aufstreben. Die einfachen reinen geometrischen Formen wiederhohlen sich vom Würfel aus in den einfach schönen Griechischen Bauwerken. Nachdem der Römer die Wölbung hinzugethan, beginnt die kirchliche Baukunst, Romanisch und Byzantinisch, den Geist, zu dem der Glaube erhoben, auch den starren Massen einzuhauchen. Und endlich ist das sphärische Dreieck als Elementarform der aufstrebenden Massen in die ganze Gliederung des Gothischen Tempels eingegangen. Es ist bemerkenswerth in Hinsicht der parabolischen Linien, welche in Gothischen Gebäuden so häufig vorzugsweise vorkom-

men, daß die pathetischen und ekstatischen Bewegungen der Augen eher paraboliſch als kreisförmig ſind. Verzierungen führen das Auge auf eine leichte und ſpielende Weiſe auf das zurück, was es bei einem großartigen Geſichtseindrucke, der mehr die Empfindung einer erhabenen Ruhe begünſtigt, einbüßt; wie ſich denn das Auge auch von der Fülle und Sättigung der Farbeneindrücke großer Gemälde nicht ſchöner und ſinnvoller als in dem Saume geſchmackvoller Arabesken erhohlen kann.

Die Bewegungen der Augen beim Leſen ſind nicht anſtrengend, wenn nicht die Zwiſchenräume der Zeilen zu eng und dieſe ſelbſt zu lang ſind. Die fortſchreitenden Bewegungen ſind zwar während dem Leſen auf eine kurze Strecke linear; aber die rückkehrenden zu dem Anfange neuer Zeilen geſchehen gewöhnlich in Bogenlinien, deren Convexität nach unten gerichtet iſt, und deren Extreme das Ende der geleſenen und der Anfang der neuen Zeile ſind. Auf ſehr großen Blättern und in ſehr langen Zeilen würden aber die Bewegungen der Augen durch unſere Schrift ſehr erſchwert werden. Und es iſt dem Auge kein Gefallen gethan, wenn es nach Verfolg einer ſehr langen Linie unter vielen anderen Parallelen die nächſte aufſuchen ſoll. Die Buſtrophedonſchrift in Schlangenlinien war daher auf großen Blättern und Denkmalen ſehr natürlich, die Bewegungen der Augen erleichternd. Da mit dem Drucke die kleine Form der Blätter und Bücher gang und gebe ward, mußte der Vortheil auf der Seite unſerer jetzigen Schrift ſeyn. Einmal wird die nächſte Zeilenparallele durch die gewohnten rückkehrenden Bogenlinien leicht gefunden; dann aber auch kann das Folgende mit den Abtheilungen der Sätze in den rückkehrenden Bewegungen leicht zum Voraus überſchaut werden.

Wenn, wie wir sahen, die wellenförmige Bewegung in der äußern Natur, vermöge der Bewegungstendenzen der Augen selbst, uns wohlthätig anspricht, warum sind uns die ortsverändernden wellenförmigen Bewegungen gewisser Thiere, der Schlangen, der Würmer weniger angenehm, ja nicht selten widrig. Die locomotiven wellenförmigen Bewegungen der Schlangen haben etwas Bannendes für den Blick, ja ich möchte sagen, etwas Vernichtendes; und ich zweifle nicht, daß Alles, was von der Zauberkraft der Schlangen auf die Thiere erzählt und geträumt wird, auf den Gesichtseindruck jener Bewegung hinausläuft. Die Gewalt des Eindruckes beruht darauf, daß das Auge dieser Art der wellenförmigen lebendigen Bewegung fixirend nicht zu folgen vermag. Die aus einem dauernden Wechsel der ruhenden und bewegten Theile sich producirenden Momente der Bewegung sind unendlich klein und flüchtig. Man begreift die Möglichkeit einer ewigen aus sich selbst sich producirenden Bewegung, die scheinbar keine Ruhepuncte hat, augenblicklich nicht; das Auge versucht, den einzelnen Momenten zu folgen, über dieselben Herr zu werden; aber in diesem Versuch muß es verzagen, denn in jedem Augenblick nimmt jeder Theil in anderen Lagen auch andere Theile des Gesichtsfeldes oder der Retina ein. Es ist der Mühe werth, um uns von der nothwendigen Verwirrung des Blickes zu überzeugen, das Verhältniß der abwechselnd ruhenden und bewegten Theile in der Schlangen- und Wurmbewegung näher zu betrachten.

f s g z a m b x c Fig. 3. Taf. VI. sey die Lage des Thieres vor der progressiven Bewegung. Die von den widerstrebenden Schuppen oder Ringen ausgehenden fixen Puncten sind f + g + a + b + c. Wird nun der Bogen b x c in die gerade Linie b d gestreckt von dem fixen Puncte b aus, so ist die Lage des Thieres nach diesem Momente = f s g z a m b d. Streckt sich nun auch der

Bogen a m b von dem fixen Puncte a aus, und contrahirt sich zu gleicher Zeit das gestreckte b d in den Bogen e n d, so ist die Lage des Thieres nach diesem zweiten Momente = f s g z a e n d. So wird nun ferner im dritten Momente der Bogen g z a in g o gestreckt, a e in den Bogen o y e zusammengezogen und der Bogen e n d wieder gestreckt, u. s. w. In der fortdauernden Bewegung ist aber weder ein Gestrecktes noch ein Bogen ruhend; der Wechsel ist unendlich fein, und die Bogen schlagen, ehe man sich's versieht, um; die Lage des Thieres ist mit allen seinen Theilen in jedem Augenblicke eine andere, indem nur das allgemeine Bild der wellenförmigen Bewegung bleibt. Dem Auge, was den Punct, durch die Bogenlinie a m b x c verfolgen möchte und dieß versucht, ist dasselbe a sogleich in o a, und das Auge ist eben so wieder veranlaßt, den Punct a von o aus in den entgegengesetzten Bogenlinien o y e n d zu verfolgen, was ihm eben so wenig gelingt. Darum ist die Bewegung der Schlange, wenn gleich in der Wellenlinie, für den Blick so verwirrend, so wunderbar; darum ist die Schlange geheiligt und windet sich um den Stab des Asklepios, ein Bild der ewigen Verjüngung der Bewegung, des Lebens, der Zeit aus sich selbst. Darum auch sind die wurmförmigen Bewegungen der Eingeweide, und wahrscheinlich nicht, wie man gemeiniglich annimmt, die Lage derselben, in den Kreis der Weissagung gezogen.

Aus demselben Grunde sind uns die Bewegungen der vielgliederigen Thiere, der Asseln, Scolopendern, Tausendfüsse und Spinnen unangenehm, und vermögen sogar bei längerer Fixation Schwindelanwandlungen zu erregen. Ich habe in meiner Inauguralschrift aus fortgesetzten Beobachtungen gezeigt, in welchen Zahlenverhältnissen die Bewegungen dieser Thiere rhythmisch sind. Die schnell auf einander folgenden Vibrationen der Glieder in gewis-

sen Summen, worin ganze Ordnungen der Glieder gleichzeitig thätig sind, simuliren bei der Unmöglichkeit, dem Einzelnen in der Fixation zu folgen, den Ausdruck einer wellenförmigen Bewegung der Füsse, die man deutlich genug schon bei den Asseln, am deutlichsten bei der Scolopendra electrica gewahr wird, welche letztere mit dieser Bewegung noch die wurmförmige des ganzen Körpers verbindet. Nervenschwache Personen ertragen die Bewegungen zusammengesetzter Triebwerke und selbst den Wellenschlag des Wassers nicht. Dieß ist die endliche Wirkung der schnellen und regelmäßigen Bewegungen aller vielgliedrigen Körper, die nicht so schnell sind, daß die Grenzen der einzelnen Theile durch die Bewegung verwischt werden, und daß es zu den Erscheinungen der geschwungenen Farbenscheibe durch die Nachbilder kommt, die aber nicht so langsam oder zu complicirt sind, als daß das Auge den einzelnen Momenten folgen könnte, um über sie Herr zu werden. Hier kommen nun manche Idiosynkrasien in Betracht. Manchen sind die Bewegungen der Spinnen im höchsten Grade widerlich; und in der That sind die radialen und zugleich progressiven Bewegungen der Glieder vielbeintger Thiere, wenn auch weniger wunderbar als die Bewegungen der Schlangen für das Auge und für die Reflexion, doch eben so wenig mit dem Blicke zu verfolgen, und stehen außerdem im offenen Widerspruch mit den freien Bewegungsthätigkeiten des Auges.

Die letzte Wirkung ist Lähmung der freien Bewegung des Auges durch die Meisterschaft einer äußern Im höchsten Grade theilt sich der Schreck des Auges dem ganzen Körper mit, und alle Muskelbewegung ist augenblicklich vernichtet. Das Auge hat unter diesen Umständen einen eigenen Ausdruck des Blickes. Der Blick ist wesentlich gelähmt. Das Thier, das von den Bewegungen der Schlange gebannt wird, sieht sich nach keiner Flucht mehr um.

Einen ähnlichen Ausdruck der gelähmten Freiheit des Blickes, in viel geringerem Grade, erhält das Auge eines Menschen, der durch die Triftigkeit und Macht der Gründe im Disputiren über Meinungangelegenheiten oder durch die Gewalt einer Anschuldigung und die Art, wie der Vorwurf trifft, geschlagen ist. In einem solchen Disput sieht sich das Auge, bei einem augenblicklichen Verlust des festen Firationsvermögens und des deutlichen Sehens, nach allerhand Regressen um; die Geistesthätigkeit wirft sich in die ersten und schlechtesten Ausflüchte, um nur Zeit zu gewinnen.

Sinnlichkeit der Bewegung.

Nachdem wir bisher von den verschiedenen Bewegungen der Augen in derselben Gesichtsebene geredet, haben wir, so viel wir konnten, vermieden, von dem Ausdruck dieser Bewegungen, von dem Blicke selbst zu reden, sind aber jetzt zu dieser Nutzanwendung unserer bisherigen Untersuchungen auf naturgemäße Weise zurückgekehrt. Wir lernten in dem Auge mehr und mehr eine sinnliche Thierheit erkennen, die zwar in die Functionen des Organismus ihres Bodens innig verflochten ist, die Zustände ihres mütterlichen Bodens aber auf eine besondere in ihrer eigenen Sinnlichkeit begründete Weise reflectirt, und bei der absoluten Freiheit, in alle auch die feinsten räumlichen Beziehungen der Lichtwelt einzugehen, durch die Bewegung ihre aus jenen Beziehungen hervorgehenden Affectionen, ihre Lust und ihr Leid auf eine unverkennbare Art beurkundet. Die Bewegungen in der äußeren Natur sind durch dieselbe Wesenheit schön, als wodurch sich das Auge in seinen Bewegungen gefällt. Wenn uns die Bewegungen eines uns äußeren Auges wohlgefallen sollen, so fordern

wir von ihm, daß es durch die Bewegungen, welche den Blick bedingen, diejenige Freiheit seiner selbst ausdrücke, durch welche es, am meisten sinnlich, Auge ist, durch welche es ein Zeichen auch innerer Freiheit und der Harmonie der Seelenthätigkeit ist; daß es dadurch uns befriedige, wodurch es sich selbst wohlgefällt. Die schönen Bewegungen des Auges, als einer sinnlichen Totalität, entstehen wie die schönen Bewegungen der lebendigen Formen überhaupt, nämlich durch die Harmonie in der Folge und Gleichzeitigkeit in den Bewegungen aller Theile, welchem nichts mehr widerspricht, als die voreilige Hast einzelner bewegter Theile. Diejenigen Bewegungen der lebendigen thierischen Einzelheit sind die schönsten, durch welche alle Beziehungen aller bewegten Theile zur Außenwelt, so zu sagen, die sinnlichen Energieen aller wesentlichen Theile der Gliederung am vollkommensten ausgedrückt werden; wie denn die schönsten ruhenden Formen diejenigen seyn müssen, in welchen jene Energieen der Theile und also das Verhalten der kleinen Welt zur großen Welt am deutlichsten erkannt werden.

Es ist offenbar, daß Menschen mit vorzugsweise geradlinigen Bewegungen der Augen unmöglich einen wohlthätigen gewinnenden Eindruck auf uns vermöge des Blickes machen können, daß sie uns vielmehr zu dem Urtheile nöthigen, daß ihre Augen nicht im Gefühle ihrer ganzen Sinnlichkeit sind. Geradlinige Bewegungen der Augen, wenn sie einer festen und bestimmten Fixation ermangeln und leicht verfehlen, was sie suchen, haben den Ausdruck des Ungeschickes und der Unbeholfenheit und bei dem Mangel einer beweglichen Neigung der Sehachsen den Ausdruck der Dummheit. Wenn auch Bedacht in diesen Bewegungen ist, so sind sie doch eher kriegend als sicher. Dahingegen feste, bestimmte und rasche Bewegungen der Augen in geraden Linien, die bei aller ihrer Hast einer sichern Fixa-

tion und also einer beweglichen Neigung der Sehachsen nicht ermangeln, nicht selten mit einer moralischen Verkehrtheit verbunden sind. In diesem Sinne scheint die Bezeichnung oculi foetidi von Catilina beim Sallustius gemeint zu seyn; womit die folgende Bezeichnung: modo celer, modo tardus incessus, prorsus in facie vultuque vecordia inerat, trefflich stimmt. Notat et designat oculis ad caedem unumquemque nostrum. Cic. Cat. I. 1. Animus audax, subdolus, varius, cujuslibet rei simulator ac dissimulator, alieni appetens, sui profusus, ardens cupiditatibus, satis eloquentiae, sapientiae parum. Die Extreme liegen auch hier in Hinsicht des Blickes in den Leidenschaften.

Wir müßten dasjenige, was früher im Allgemeinen von den Bewegungen der Augen gesagt worden, wiederhohlen, wenn wir näher angeben wollten, welche Art des beweglichen Blickes schön genannt zu werden verdiene. Wir wollen uns Alles dessen durch einen schönen Vergleich des Porta erinnern. Er sagt nämlich von dem Blicke des guten Menschen: gli occhi si movano come l'acqua nel le vase. Ich will hier nur auf einen Unterschied des beweglichen Blickes aufmerksam machen, der nicht unwichtig ist. Dieß betrifft den Blick während dem Anschauen der Gesichtsobjecte, und den freien beweglichen Blick ohne Aufmerksamkeit auf das Einzelne des Gesichtsfeldes, dessen Bestimmungsgründe in der Lust und Unlust der Seele selbst liegen.

Ein wohlgebildetes Auge geht, wo es immer kann, in Bogenlinien von einem Gegenstande zu anderen fixirend über. Dem bescheidenen, anspruchslosen und dann auch wohl vorzugsweise weiblichen Blicke ist es eigen, daß diese Bogenlinien öfter nach unten als nach oben convex sind.

Das Auge muß von dem Reichthum seiner Bewegungen Gebrauch zu machen wissen, ohne deshalb luxuriös

zu seyn. Es verfolgt mit Leichtigkeit in seiner gewissen Breite fixirend auch die seitlichen Gegenstände des Gesichtsfeldes, ohne daß das Haupt durch seine Bewegungen oder überhaupt der Körper durch seine Kehrungen dem Auge neue Gesichtsfelder biete. Die Beschränktheit der Bewegungen der Augen in einem und demselben Gesichtsfelde und das Bedürfniß, die Bewegungen der ersteren durch die Bewegungen des Kopfes zu ersetzen, ist immer ein Mangel des Blickes, der sich zu anderen schon berührten Merkmalen gesellet, um den Ausdruck der Ungeschicklichkeit zu vollenden.

Was nun die zweite Art des beweglichen Blickes betrifft, welcher ohne Aufmerksamkeit auf die einzelnen Gegenstände des Gesichtsfeldes aus inneren Bestimmungsgründen hervorgeht, den Gesichtseindruck als ein Ganzes, die Lust und Unlust der Seele Nährendes betrachtend, so ist von diesem hier ausführlicher zu reden.

Die erhebenden Affecte lassen eine große Breite der Augenbewegungen in der Ebene des Gesichtes zu; die deprimirenden Affecte aber, wie sie das Muskelleben überhaupt beeinträchtigen, ja lähmen, ziehen sehr enge Grenzen des beweglichen Blickes. Dieß sind die Grenzen, innerhalb welchen dem gesunden wohlgebildeten Auge bei einer gesunden und wohlthätigen Seelenstimmung ein großer Spielraum freier Bewegungen gesichert ist.

Diejenigen Bewegungen, welche unser Auge am leichtesten spielend in sich zurückkehrend verfolgt, diejenigen, die wir in der Natur am liebsten sehen, indem wir sie schön nennen, müssen auch einem schönen Blicke, einem sinnvoll frei beweglichen Auge zukommen. In keiner Bewegung sind diese Forderungen mehr erfüllt, als in dem Tanze einer schönen Gestalt, in dem freien harmonischen in sich zurückkehrenden Spiel schöner Formen. Das Auge allein mißt unter den Sinnen die Bahnen der cosmischen

Körper und von dem Tanze sagt man, daß er eine Versinnlichung der freien cosmischen Bewegungen sey. Aber die Bewegungen der Augen, die den Tanzenden folgen, können auch frei ohne äußeres Ziel und Maß seyn. Es giebt einen Tanz der Augen in diesem Sinne, und ein bachantisches Trunkenseyn der Augen aus verschwenderischer Lebensfreude. Apulejus erzählt von einer pantomimischen Darstellung jenes Streites der Göttinnen um die Schönheit, in welcher die Venus mit ihren Augen getanzt habe. Diese Schilderung ist so treffend und fein, daß ich sie aus dem Original mittheilen muß. Quibus spectatorum pectora suave mulcentibus longe suavior Venus placide commoveri, contantique lente vestigio et leviter fluctuante spinula et sensim annutante capite coepit incedere, mollique tibiarum sonu delicatis respondere gestibus, et *nunc mite conniventibus nunc acre comminantibus gestire pupillis et nonnunquam saltare solis oculis* *). In dieser Bezeichnung liegt der durchdringende Wechsel der Sehweiten und die harmonische Bewegung der Augen in der Breite. Die Buhlerinn kennt diesen Tanz der Augen, sie weiß, daß er lockend ist, wie der Tanz überhaupt zur Theilnahme einladet. Die Alten nannten solche Augen ὀφθαλμοὶ κλυζομένοι, κυμαίνοντες ἑαυτοῦς **).

Diese Bewegungen geschehen auch oft auf eine andere Art. Das Auge bleibt in einer unvollkommenen Fixation auf dem Gegenstande der Betrachtung ruhen, und das

---

*) Apuleji opera omnia. ed. Ruhnken. Lugd. Batav. 1785. T. I. p. 745.

**) Beim Gellius, N. A. heißen diese Augen oculi ludibundi et illecebrae pleni. Vergl. J. Apricaei comment. in metam. Apuleji libr. X. ed. R. T. III.

Haupt ist in leisen schaukelnden Bewegungen begriffen. Körper und Auge theilen hier die gemeinsame Bewegung; aber die Stellung der Augen in Beziehung auf das Haupt, ihren bewegten Boden wechselt in jedem Augenblicke. Insofern ist dieses Spiel der Augen noch zusammengesetzter, als das schon bezeichnete, aber auch weniger heimlicher und eigennütziger Genuß der Augen selbst. Man sieht diese Art der Bewegung nicht selten an still sinnenden Menschen, die im Wohlgefallen sind ihrer eigenen oder einer fremden Erscheinung, an Liebenden. Die ethische Natur scheint übrigens im Allgemeinen die der frühern; denn auch hier ist die Bewegung der Augen, trotz der Fixation, dieselbe, und es ist hier dem Auge nicht an der Fixation, sondern nur an der Bewegung gelegen. Die Fixation ist hier eben so unwesentlich, wie dort der Wechsel der Bilder. Wenn man einen Punct fixirend leise kreisförmige oder schaukelnde, in sich zurückkehrende Bewegungen mit dem Kopfe macht, wobei natürlich die Augenmuskeln, um die Fixation zu erhalten, in wechselnden Contractionsmomenten begriffen sind, so fühlt man eine Art von Wohlbehagen in dem Auge. Dieß mangelt ganz, wenn man ohne Anspruch der Augenmuskeln mit Augen und Haupt, die Fixation aufgebend, gleichzeitig und gleichmäßig zu schaukeln versucht.

Das ὑγρὸν in den Augen, von dem so oft die Alten reden, hat bei ihnen eine mehrfache Bedeutung. Ein wohllüstig bewegliches Auge heißt beim Anakreon βλέμμα ὑγρὸν; obgleich diese Bezeichnung in einer andern Bedeutung auch von einem ruhenden Auge, z. B. der Venus Urania in Statuen gilt, wo es nach Winkelmann vielmehr von dem liebreizenden Aufgezogenseyn der unteren Augenlieder gesagt wird. In der ersten Bedeutung wird von lateinischen Schriftstellern βλέμμα ὑγρὸν durch die Verbindung oculi udi et tremuli (κυμαίνοντες) übertragen. Uebrigens haben jene Bewegungen für ver-

schiedene Stimmungen der Seele eine große Breite. Man muß ein bewegtes Gemüth einmal beten gesehen haben, um es wahr zu finden, daß auch das Auge in seiner Noth sich windet, wie die Arme nach Rettung ringen. Das nennt man in größerem und geringerem Grade mit den Augen bitten. Das Auge des Mädchens schwimmt in Thränen, das heißt nicht bloß, das Auge ist thränenheiß und thränennaß, das Auge schwimmt in der That. So weint auch der Greis. Leicht gehen diese Bewegungen ins Zitternde über.

Verschiedene Sehweite, *Contuitus.*

Es giebt eine Menge von Zuständen, in welchen die Neigung der Sehachsen oder die Sehweite des beweglichen Blickes außer der Entfernung der betrachteten Gesichtsobjecte ist, in welchen bei einer unbestimmten Fixation auch undeutlich gesehen wird. Wir wollen zuerst die Extreme dieser Bewegungen kennen lernen. Dahin gehört vorerst:

Das unbestimmte Vorsichhinstarren hat einen sehr fernen Horopter, mit dem für diese Sehweite eingerichteten Refractionszustande der brechenden Medien. Die nächsten Gegenstände fallen in den Kreis des undeutlichen Sehens. Das Auge abstrahirt von allen Einzelheiten des Gesichtsfeldes und sucht das undeutliche Sehen, ohne den allgemeinen Lichteindruck aufgeben zu wollen. Die Pupille ist weit offen, weil die Erweiterung der Pupille gleichen Schritt mit der Entfernung des Horopters geht. In diesem Zustande sind die Augen in der Meditation oder auch sonst (wie Purkinje bemerkt), bei einer Abspannung des Bewußtseyns und Richtungslosigkeit des Denkens, in der Zerstreuung. »In diesen Fällen kostet

es große Mühe, die Augen auf einen bestimmten Gegenstand zu fixiren, und kaum hat man sie fixirt, so zerfließt schon wieder der Fixationspunct in Bestimmungslosigkeit.« Bei der Dubitation sind die Augen neben dem unbestimmten Vorsichhinstarren schief gerichtet.

»In einer ähnlichen Verfassung, (sagt Purkinje treffend), ist das Auge, wenn wir beobachten wollen, was uns zur Seite vorgeht, ohne daß es dazu das Ansehen hätte. Das Auge ist hierbei vor sich hin in die Ferne gerichtet, aber in einem beständigen unmerklichen Schwanken begriffen, um dem von den zu beobachtenden Gegenständen einfallenden Lichte immer neue Flächen der Netzhaut zu bieten.« Mit den Augen lauern, speculo.

Der Blick der Verachtung besteht in einer seitlichen unbestimmten Fixation. Der Blick ist abwendend, abstoßend und zugleich durch das undeutliche Sehen, welches durch eine abnorme Neigung der Sehachsen und die mit dieser nothwendig verbundene Größe der Pupille objectiv werden muß, verkleinernd. In der Verachtung übersieht man mit Willen. Die objectiven Merkmale des verachtenden Blickes sind in der englischen Bezeichnung: side-overlook (Ossian, Temora) vollkommen erschöpft. Bei dem neidischen Blick sehen die Augen auch seitlich, und zwar am Rande der Gegenstände vorbei, fliehend und zurückkehrend, aber ohne Uebersehen. Die Griechen hatten eine besondere Bezeichnung für diesen Ausdruck des Blickes in dem Worte ὀφθαλμιάω (παράβλεμμα).

Es ist auffallend, wie in den Affecten des Neides, der Verachtung, des Abscheues die Bewegungen der Augen geradlinig sind, wie es denn auch den strafenden und entwürdigenden Blick auszeichnet, daß der Gegenstand der Aufmerksamkeit in linearer Richtung gemessen wird, wo-

durch das Auge, dem betrachtenden Blicke geradezu entgegen, den wohlgefälligen Gesammteindruck der individuellen Erscheinung verläugnet. Die Menschen wollen nicht fixirt, auch nicht gemessen, sondern betrachtet seyn.

Ob das Auge für sich lächle? Die Leute sagen er kann nicht mit den Augen lächeln. In einem solchen Lächeln liegt immer etwas Ironisches; denn bei dem ironischen Lächeln fährt man gewöhnlich fort zu fixiren. Wenn wir recht frei und offen lächeln, hören wir auf, genau zu fixiren, und zwar scheint mir bei dem wohlgefälligen Lächeln die Sehweite größer zu seyn, als sie es vor der Regung gewesen; bei dem scherzhaften Lächeln aber mit weniger offenem Auge ist der Horopter kurz vor dem vorher fixirten Gegenstande. In beiden ist eine augenblickliche Ruhe und Abspannung für das Auge ohne deutliche und bestimmte Gesichtsempfindung. Je mehr das Gesicht und die äußeren Umgebungen des Auges lachen, um so weniger geistig wird das Lachen. Man sieht es einem Auge an, wenn es um das Lachen nicht Ernst, wenn dieses verstellt ist. Die Umgebungen des Auges, alle Bewegungen des Gesichtes sind lachend, aber nicht das Auge für sich. Unter dem verstellten Lachen fahren wir fort zu fixiren; daher fixiren wir auch, um aus dem Lachen heraus zu kommen. In einem freien offenen Lachen ist also der Blick außer den vorher fixirten Umgebungen. Das freudig scherzhafte Lächeln hat nicht den kurzen Horopter, den das freie ungebändigte Lachen hat. Es kömmt kaum zum undeutlichen Sehen, da der Blick gefällig auf dem Gegenstande verweilt. Bei dem ruhigen Lächeln aus reinem Wohlgefallen mit offenem fast großem Auge spielen die oberen Augenlieder kaum mit; aber bei dem tändelnden scherzhaften Lächeln spielen die obern Augenlieder schnell auf und nieder. Dieß

kann dem Lächeln manchmal einen bestimmten Ausdruck geben. Darin lächelt die ganze Natur mit. Die Alten nannten dieß ὄφρυσι μειδιᾶν, γελάσαι, καρδαμύττειν, palpebrizare, occhi che sbattono (Porta).

Man will es dem Blicke ansehen, wenn man nicht verstanden wird. Fichte sah es seinen Zuhörern an. So lange der Geist der Entwickelung und dem Vortrage folgt, hatte das Auge irgend eine bestimmte Fixation. Diese hört auf mit dem Stocken des Begreifens. Dann geht die Verwirrung der Begriffe gleichen Schritt mit der Verwirrung des Blickes. Man sieht abwechselnd in ganz anderen Fernen schwankend, unbestimmt, oder man sieht plötzlich seitwärts. Die Verwirrung des Blickes wirkt wieder zurück auf die Verwirrung der Gedanken. Es giebt einzelne Menschen, die immer nur verwirrter werden, je mehr man ihnen augenscheinliche Dinge demonstrirt.

Doppeltsehen mit dem näheren Horopter tritt immer ein, wenn wir das obere Augenlied über das Auge herabsenken, so zwar, daß das Augenlied nicht durch den Schließmuskel geschlossen, sondern die Thätigkeit des musculus levator palpebrae superioris aufgehoben wird. Daß der Horopter vor dem Gegenstande des Doppeltsehens sey, oder daß die Augen für die allernächsten Objecte die fixirende Stellung haben, davon überzeugen wir uns leicht, indem wir eines der Augen schließen; dann verschwindet nämlich das Doppelbild derselben Seite. So ist es ganz unmöglich, das obere Augenlied zu senken, ohne die nächsten Gegenstände unwillkührlich doppelt zu sehen und die Fixation derselben aufzugeben; und so ist also die bewegliche Convergenz der Sehachsen ganz an die Thätigkeit des levator

palpebrae superioris oder an die Thätigkeit des n. oculomotorius, von welchem der Nervenast für den Aufhebemuskel entspringt, gebunden. Je mehr wir das Augenlied senken, um so mehr nimmt die Entfernung der Doppelbilder zu. Daß aber die Senkung des Augenliedes das erste sey, sieht man deutlich darin, daß, wenn wir bei fortdauernder Thätigkeit des musculus levator den Augapfel unter das nicht gesenkte Augenlied zu bergen suchen, wir die Doppelbilder vermeidend in allen Fernen fixiren können.

Unter den ethischen Bedingungen, welche die Thätigkeit des Aufhebemuskels lähmen, sehen die liebetrunkenen Augen nicht allein zitternd unter dem Rande des obern Augenliedes hervor, sondern sie haben auch nothwendig den allerkürzesten Contuitus. Wir können auch hieher den Ausdruck des vom Weine besiegten Auges rechnen, oculus bibitorius, dem die Alten schon einen kurzen Contuitus zuschrieben.

Vor dem Einschlafen tritt mit der Senkung des obern Augenliedes Doppeltsehen der nächsten Gegenstände ein, weil auch hier aus denselben Gründen die Sehweite sehr kurz ist. Und sowohl wenn wir erwachen, als wenn wir nach willkührlicher Schließung der Augen vorsichtig, ohne die Stellung der Augen zu verrücken, das Augenlied wieder aufheben, dauert das Doppeltsehen der nächsten Gegenstände einige Momente fort. Wir überzeugen uns durch Schließen des einen Auges und das gleichzeitige Verschwinden des Doppelbildes derselben Seite, daß die Sehweite unserer Augen die allerkürzeste gewesen.

In der That können wir bei geschlossenen Augenliedern mit den Augen nicht ausruhen, ohne sie nach innen zu neigen, und die parallele Stellung der Augenachsen ist bei geschlossenen Augenliedern mit unangenehmen Spannungsgefühlen begleitet, aus welchen die Augen immer in die Neigung nach innen zurückkehren. Bei dem Schlafenden

läßt sich diese Stellung der ruhenden Augen durch die äußeren Bedeckungen leicht erkennen; und wenn man zu diesem noch hinzufügt, daß die Augen des Schlafenden auch tief unter das obere Augenlied sich erhoben haben, so liegt in der großen Convergenz und Erhebung der Augen bei einem vollkommen erschlafften und entfalteten obern Augenliede das Physiognomische des Schlafes in den Augen, wovon man in Gemälden häufig genug das Gegentheil sieht, so daß der Schlafende bald den Ausdruck des Todten, bald den des Wachenden bei geschlossenen Augenliedern in den Augen hat.

Da wir nun schon wissen, daß mit der zunehmenden Convergenz der Augen die Größe der Pupille gleichen Schrittes sich verkleinert, so kann es uns nicht mehr ein Räthsel seyn, warum die Pupille des Schlafenden, wie schon Fontana richtig beobachtet hat, immer enge ist.

Cernere, — contemplari.

Ich habe schon oben von einer mehrfachen Bedeutung des ὑγρὸν in den Augen gesprochen, indem ich anführte, was Winkelmann gesagt hat, daß es in den Augen der Venus Urania das liebreizende Aufgezogenseyn des untern Augenliedes bezeichne. Es ist nun hier der Ort, diese feine Bezeichnung ganz zu erschöpfen. Jene Liebe hat nothwendig eine große Sehweite, und ein solches Auge hat, von uns angesehen, bei aller seiner Klarheit Etwas sehr Weiches, weil seine Sehweite bei einer großen Pupille weiter ist, als die Entfernung, in der der Beschauer ist, weil es bei seinem fernen Convergenzpuncte der Achsen durch den Beschauer wie hindurchsieht, weil dieser für ein solches Auge im Kreise des unendlichen Se-

hens ist. Dieser Blick kömmt wesentlich dem liebenden Auge zu, obgleich er dieses in seiner sinnlichen Erscheinung nicht erschöpft. Dieses Aufgehobenseyn des verständigen Blickes in der Fixation, dieses die Dinge wie durchsichtig sehen vermittelst einer Sehweite, die ferner als das Gesichtsobject selbst ist, liegt auch im Begriff des ὑγρὸν. Ja der Widerspruch der Sehweite des Auges mit der Sehweite der nächsten Gesichtsobjecte scheint so wesentlich in dem ὑγρὸν ausgedrückt zu seyn, daß, wenn die sinnliche Liebe einen kürzern Horopter hat, als die Gesichtsobjecte und die Entfernung des Gegenstandes der Sehnsucht erfordern, das ὑγρὸν in der That die Bezeichnung einer gewissen Art verliebten Schielens in sich aufgenommen hat, welches hier ebenfalls durch den Widerspruch der Sehweite des Blickes mit der Sehweite, welche das Gesichtsobject fordert, zu Stande kommt. Indessen wir reden hier bloß von einem liebenden Auge, dessen Sehweite ferner als der Gegenstand der Anschauung ist. In dieser Art des Blickes spricht sich das Bestreben aus, in dem Gegenstande nicht dem Einzelnen zu begegnen und es zu würdigen, nicht durch fortschreitende Fixation zur Totalkenntniß des Angeschauten zu kommen, sondern mit einem Blicke, der dadurch nothwendig, auf die Gesichtsobjecte der Sehachsen minder Werth legend, auch minder deutlich sieht, um den Gegenstand der Affection als gegenwärtige unendliche Einheit anzuschauen, nicht dem Einzelnen in der Erscheinung, sondern durch den Blick der ganzen Erscheinung zu begegnen. Zwei Blicke, die sich so begegnen, scheinen sich zu erkennen, ὄμματα ὄμμασι διδόναι. Man abstrahirt von dem verständigen Sehen (cernere), und man könnte sagen, das Auge wäre in dem beschaulichen Sehen (contemplari). Die trunkne unbestimmte Bewegung der Augen, die an den Tanz der Augen erinnert, begünstigt diese Abstraction, so lange etwa nur die Bewegungen der Augen nicht durch

den Reiz des Einzelnen bestimmt werden. Kurz, es ist begreiflich, daß es eine Art des undeutlichen Sehens giebt, die, wenn auch das Doppelsehen ausschließend, mit einem fesselosen Spiel der Augen nothwendig verbunden ist, und daß umgekehrt die verständigen Bewegungen der Augen auch an die verständige Betrachtung des Einzelnen gekettet sind. Man wird vielleicht, nach dieser Auseinandersetzung, folgende sehr treffende Worte des Claramontius besser verstehen: Retrahitur enim vis, quae in contrario aspectu mittitur, in modestis hominibus erga eos, quos reverentur, in pudibundis adolescentibus adversus foeminas. Verbi gratia, si quis ardenter amet et etiam pudore magno detineatur, pudor attrahit aspectum et concitat amor; in ea perturbatione aspectus quoque perturbatur, et nutat; vel enim limis oculis aspicit, si commoditas adsit, vel instar solis raram aliqua ex parte nubem erumpentis, instans interdum aspectus aperitur, interdum obducitur *). Zu diesem kommt die gesenkte Lage des obern Augenliedes, sey es nun, daß durch die gesenkte Stellung des Hauptes der Augenstern sich unter den Rand des obern Augenliedes berge, oder daß das Lied selbst mehr schwebend als ruhend sich gegen den Augenstern neige. Dadurch fällt der Schatten der Cilien auf dem Weißen des Auges tiefer. Das obere Augenlied kann sogar in einer Art von leisem Erzittern (κατιλλώπτειν) befangen seyn, was dem Auge als sehr leichter vibrirender Druck empfindbar wird. Diese Momente zusammen scheinen das zu bestimmen, was Aristoteles und die Alexandriner Adamantius und Polemo mit dem Ausdruck: ὀφθαλμοὶ πάντα θεωροῦντες ἀχλυώδη, oculi omnia videntes

*) Semiot. moral. Lugd. 1704. S. in Lavater's Fragm. 4. B. S. 251.

quasi nebulo obducta, und anderswo: μαλακόν τε καὶ διακεχυμένον βλέποντες bezeichnen.

Ich habe schon oben bemerkt, daß die mehr sinnliche Liebe den weichen Blick durch eine Sehweite auszudrücken pflege, die kürzer ist, als das Gesichtsobject des Verlangens. Der entgegengesetzte Widerspruch der Sehweiten bezeichnet also hier das liebetrunkne Auge. Im Uebrigen kommen diesem Blicke auch die anderen aufgeführten Merkmale des weichlichen Ausdruckes zu. Und hier wird das ὑγρόν der Griechen bei den Römern zum Theil durch die Bezeichnung oculus paetus erschöpft. Daher die fast unübersetzbare tropische Diction: Haec res de Venere paeta strabam facit *). Die Griechen hatten einen schönen Ausdruck für jene Art des Blickes: ἐπιλλίζειν (limis oculis adspicere **). Das guercio der Italiäner drückt in der Steigerung die Begierde aus ***). Ein solches Auge voll sinnlicher Lust und Verlangens ist sehr treffend mit allen ihm zukommenden schon entwickelten Merkmalen

---

*) Varro ap. Prisc. 6.

**) Tum illa cervicem intorsit et ad me conversa *limis* et *morsicantibus* oculis. Apulej. metam. Oculi morsicantes, commorsitantes scheint nicht eine Steigerung von oculi limi, paeti zu seyn. J. Pricaeus in seinem Commentar zu den Metamorphosen des Apulejus liest an einer Stelle osculis commorsitantibus. Aber die obige Verbindung schließt diese Lesart aus. Die Bezeichnung mag wohl in dem schnellen und leichten Wechsel der Sehweiten des Contuitus bei einer geistigen und körperlichen Anfregung ihre Erklärung finden, und scheint dasselbe zu seyn, was in einer schon angezogenen Stelle des Apulejus durch *oculi nunc mite conniventes, nunc acre comminantes* ausgedrückt wurde.

***) Vergl. *B. della Porta Napolitano, della fisonomia dell' huomo. Vicenza.* 1615. *p.* 143.

beim Apulejus bezeichnet: oculos Fotidis meae *udos ac tremulos* et prona libidine *marcidos* jamjamque *semiapertulos* adnixis et sorbillantibus saviis sitienter hauriebam.

Die Elemente des ὑγρὸν sind auch hier geblieben, und auch der Widerspruch der Sehweite des Blickes mit der Entfernung des Gesichtsobjectes bleibt; nur liegt die Sehweite des Blickes hier vor dem Objecte. Und so ist es dann natürlich, daß dasselbe ὑγρὸν bei den Alten oft genug auch nur die sinnliche Lust in dem Blicke bezeichnet; ὑγρὸν ὄμμα καὶ πορνείας γέμον, Chrysost. wofür auch ὀφθαλμοὶ μοιχαλίδος μεστοὶ, ὀφθαλμὸς ὑγρὸς ὁ εὐκαταφερὴς εἰς ἡδονὰς, Hesych. ὀφθαλμοὶ τῷ ἔρωτι διάβροχοι, Lucian. in amor. Oculi libidine marcidi, oculi putres, Horat. Endlich ist auch das unübersetzbare vieldeutige ὑγρὸν selbst biegsam geworden. Ταχερόν τε καὶ ῥέον ἐν ὄμμασιν ἀνυγραίνων, ἱλαραὶ τῶν ὀμμάτων ταχερῶς ἀνυγραίνοντο.

Einzelne der aufgeführten Beziehungen können in einem Auge auch mehr oder weniger bleibend seyn, in welchem Falle der Begriff des ὑγρὸν aber nicht erreicht wird. Ein gesenktes, den Augapfel tief beschattendes oberes Augenlied hat man an mystischen und fanatischen Menschen gesehen. Nicolai hat dieß nicht ganz recht den katholischen Aufschlag genannt. Der mystische Blick liebt auch eine Sehweite, die ferner als das Gesichtsobject ist; er geht dadurch von dem verständigen Sehen, cernere ab, und ist wesentlich Contemplation. Man liebt die Unendlichkeit über den Bergen. Aber der Fanatiker scheint, wenn auch der Augenstern nur sparsam aus dem Schatten des obern Augenliedes hervorsieht, doch seinen bestimmten naturgemäßen Horopter zu haben. Dieser Blick begleitet die Worte der Verdammung zum Feuertod: ut quam clementissime et

citra sanguinis effusionem puniretur. An dieser Grenze nun berühren sich viele Scheidewege. Das Mystische, das Fanatische, die sinnliche Wollust haben oft ein gemeinschaftliches Grenzgebiet, und man sieht im Leben oft genug Einzelne, sich selbst zur Consumation treibend, alle diese Weisen nacheinander in verschiedener Folge durchmachen. »Liebetrunknen Schwärmern hat oft der Geist durch das Weib geredet.« So kömmt das gebrochene Auge, ὄμμα κατακεκλασμένον, oculus confractus im Extreme den mystischen, den fanatischen gleichwie den wollüstigen, gegen ihre Empfindungen nachsichtigen Menschen zu.

Wechsel der Sehweite.

Haben wir bisher die Bewegungen der Augen in der Breite und die unvollkommene Fixation der Objecte bei einer beweglichen Neigung der Sehachsen gewürdigt, so bleibt uns noch einer Bewegung der Augen zu erwähnen übrig, die lediglich in dem schnellen Wechsel der Achsenneigung oder der Sehweite ohne Bewegung der Augen in der Breite besteht, und nicht durch ein äußeres Object, sondern durch den geistigen Affect bestimmt wird. Die Extension der Bewegung der Augen ist einmal die Größe der Ebene, in welcher sie das Gesichtsfeld verändern und dann die Leichtigkeit, mit welcher sie sich durch die verschiedene Neigung der Sehachsen zum Zweck des einfachen und deutlichen Sehens den Gegenständen verschiedener Entfernung adaptiren. Die Bewegung der Augen in der Ebene im affectlosen Zustande ist durch die Willkühr und den Reiz in der äußern Gesichtswelt bestimmt, und wird im Affecte unwillkührlich. Die Bewegung der Augen in der Abände-

rung der Neigung der Sehachsen ist im affectlosen Zustande durch die Nähe und Ferne der Gegenstände bestimmt, sie hat aber auch ihre ethischen Bestimmungen ohne äußere Beziehungen. Bei einem Menschen welcher im Zorn ist, und sich durch einen wilden, durchdringenden, seinen Gegenstand durchbohrenden Blick auszeichnet, liegen die Bestimmungsgründe dieses Blickes weder in der raschen ausschweifenden Bewegung der Augen nach den Seiten, noch in der Oeffnung des Auges, wiewohl diese Momente zufällig den Ausdruck heben und verändern können; sondern jene Augen haben, ohne gemeinschaftliche seitliche Bewegungen ihres Objectes ansichtig, einen eigenthümlichen Ausdruck, der von den Griechen durch γοργὸς, γοργῶπις und γλαυκὸς, γλαυκῶπις, von den Römern durch oculi truces, oculus caesius, bezeichnet wurde. In diesem Zustande treffen die Augen eine bestimmte Stelle des Sehfeldes, aber die Neigung der Sehachsen steigt und fällt während dieser Fixation fort und fort, so daß die Augen bald das Nächste, bald das Fernste in derselben Richtung zu erblicken, oder ihr Object zu durchbohren scheinen. In diesem schnellen durchdringenden Wechsel der Achsenneigung, in dieser leidenschaftlichen gleichsam schwellenden Bewegung, welche die dichterische Sprache dem Wachsthum und Sinken der Flamme passend verglichen hat, oculi fulminis adinstar *flagrantes*, scheinen die Augen sich fast zu üben, ihren Gegenstand zu fixiren, seiner habhaft zu werden. Und in der That sieht man diesen Blick nur in der leidenschaftlichen Aufregung des Zornes, des Unwillens, der strafenden Beleidigung, u. s. w.; außerdem aber in der Breite des geistigen Temperamentes an herrschsüchtigen, durch die Gewalt ihrer Persönlichkeit Alles sich unterwerfenden, durch ihre Physiognomie bannenden Menschen. Im Griechischen ist dieser Ausdruck durch die Bezeichnung γλαυκὸς ganz wiedergegeben, wobei an die Nebenbedeutung

dieſes Wortes, blau, gar nicht zu denken iſt. Vielmehr hat γλαυκὸς, von γλαύσσω, hier ſeine urſprüngliche Bedeutung erhalten, als hell, licht, flammend. Die lateiniſche Bezeichnung *caesius* iſt weniger eines Mißverſtändniſſes fähig. Ich kann zur Auslegung des einen und andern Wortes nichts Beſſeres thun, als eine Stelle aus des Antonius Thyleſius Büchlein von den Farben ausziehen. ....Unde existimo, sicut Caesar et Caeso dicuntur a caedendo, ita caesium a caede nominatum esse: ut qui caesius sit, caedem quodammodo oculis minari videatur. Qualis proelio gaudens et caede dicitur fuisse Minerva, ex quo illa ab antiquis vocata fuit, ut ego arbitror, caesia. Significat hoc Cicero, ubi de Catilina ait: *Notat et designat oculis ad caedem unumquemque nostrum.* Hic, qui oculis ad caedem senatores designabat, caesius erat. Cujus etiam oculos Sallustius, insignis historicus, fuisse tradidit *foedos*, id est caesios. Cujusmodi memoriae proditum est Neronis quoque oculos fuisse, quod ipsum non leve fuit argumentum tyrannicae crudelitatis. .....Enimvero leonis oculos si quis inspexit, qualis hic sit color, intelligit. Micant illi, ut studiose ipsi consideravimus, veluti ignis penitus flagrans. Dicitur color hic Graece ab omnibus *glaucus*, quod verbum longo jam usu Latini poetae suum fecerunt. Latius tamen patet glaucus, cet.

Quando caesius color tantum est oculorum, videndum est, ne is sit potius, quem Aristoteles *charopon* vocat. Sic enim ab illo dicitur leo ob oculorum saevitiam, quem Catullus poeta doctissimus caesium appellat. Unde Hercules cognomento dictus fuit charops, quasi iracunde intuens. cet.

In welchen geiſtigen und körperlichen Aufregungen auch ſonſt noch ein Wechſel der Sehweite eintrete, iſt mir nicht ganz klar geworden. Indeſſen deuten ſchon die auf-

geführten Fälle darauf hin, daß der Wechsel der Sehweiten, wodurch der durchdringende flammende wilde Blick bedingt wird, mehr und minder allen Zuständen zukomme, in welchen der Organismus im Zustande des Triebes und der Begehrung ist. Ich erinnere an die oben erwähnte Zeichnung des Claramontius. Es ist wahrscheinlich, daß manche Bezeichnungen, welche die Alten dem von geschlechtlicher Lust erfüllten Auge beigelegt haben, auch in dem Wechsel der Sehweiten ihren Grund haben, wie der Ausdruck *oculi morsicantes*, *commorsicantes* bei Apulejus, der kaum eine andere Auslegung zuläßt.

Mittlere individuelle Sehweite.

Göthe hat im ersten Heft des fünften Bandes von Kunst und Alterthum, indem er von dem vortrefflichen Kupferstiche Amsler's nach einem von Vegas gemalten Bilde Thorwaldsen's spricht, getadelt, daß die Maler in neuerer Zeit meist vorziehen, in Portraiten die Köpfe im Profil aufzunehmen. Aus leicht einzusehenden Gründen sind die Profilzeichnungen, in Hinsicht der Aehnlichkeit, im Allgemeinen immer die besseren. Aber solche Bilder befriedigen denn auch oft diejenigen nicht, die ein ihnen gewohntes Geistige in den Augen suchen. Und eben ist nichts in einem Gesichtsbilde verfänglicher und schwieriger als der Blick, der, außer der Wirkung der Farben und des Helldunkels, im Allgemeinen durch nichts als die Grenzen der ruhenden Theile bestimmt seyn kann.

Die Achsen unserer Augen sind in einem ewigen unendlich feinen Wechsel ihrer Neigungen gegen die Gesichtsobjecte verschiedener Fernen. Für die feinsten Unterschiede

der Entfernung und für jeden Umfang des Gesichtsfeldes sind die Neigungswinkel unendlich fein verschieden, damit nur, zum Zweck der Fixation, die Achsen der Augen in dem Gegenstande der Aufmerksamkeit sich kreuzen. Es giebt also, aus der Neigung der Augen gegen einander, unendlich viele objective Unterschiede des beweglichen Blickes. Und nicht allein das Maß der Veränderungen in der Neigung der Sehachsen überhaupt, sondern auch das Wie dieser Veränderungen, ihre Leichtigkeit, ließen uns die Unterschiede des beweglichen Blickes erkennen. Von allen diesen Momenten kann der Maler keinen Gebrauch machen; er kann die Augen nur in einer ihrer unendlichen Neigungen darstellen; und freilich oft genug werden wir in einer Menge von Bildern verschiedener Köpfe dieselbe Neigung gewahr, die, wenn der Maler durch nichts Anderes bestimmt wurde, durch die zufällige Sehweite der Individuen während dem Abbilden, gegeben wird. Es kömmt auch nicht darauf an, um das Individuelle in dem Blicke in seiner Bestimmtheit zu geben, daß das Individuum irgend eine bestimmte, zufällige aber bleibende Fixation habe; am allerwenigsten kann es räthlich seyn, daß der Gegenstand der Darstellung, die Augen die Sehweite für die Entfernung desjenigen haben, der dem Blicke etwas für die Darstellung absehen will, d. h. daß der Maler selbst während dem Abbilden dauernd fixirt werde. Vielmehr giebt es unendliche individuelle Nuancen des ruhenden Blickes, die blos von der Neigung der Sehachsen herrühren, die von dem Maler besser aus einer frühern sinnlichen Anschauung, als unter den Umständen aufgefaßt werden, in denen der Maler und das Object während dem Abbilden sind, und die vielmehr in dieser Beziehung ungünstig genug gerade die Individualität des ruhenden Blickes, insofern er durch die Neigung der Sehachsen bestimmt wird, aufheben müssen. Ich kann dem, was ich meine, nun näher kommen. Wenn Jemand

in seinen Gedanken, ohne besondere Aufmerksamkeit auf das Einzelne der Gesichtswelt, dahingeht, so haben seine Augen eine gewisse constante Neigung ihrer Sehachsen, die, wenn gleich nichts in dem Convergenzpuncte der Achsen mit Aufmerksamkeit fixirt wird, doch bei allen Bewegungen des Mannes, und selbst der Augen, sich gleichbleibt. Sey es auch, daß wir beim Lustwandeln den Boden, auf dem wir einhergehen, fortdauernd betrachten, so rückt doch, insofern nicht ein Einzelnes, Näheres oder Ferneres, die Aufmerksamkeit auf sich zieht, der Convergenzpunct der Sehachsen mit seiner bleibenden Sehweite, ohne daß die Bilder des Horopters zur deutlichen Perception kommen, auf der Fläche vorwärts hin. Ein solcher Mann wandelt unter einer Welt wechselnder Sinneseindrücke, ohne auf einen einzigen reflectirend aufmerksam zu seyn; er wandelt um zu wandeln, und hat dabei seine stillen abgezogenen Gedanken. Der Blick eines solchen Menschen ist ein constanter ruhender, durch die constante Neigung der Sehachsen oder die bleibende Sehweite begründet. Warum nun die Sehachsen dieses Mannes unter ähnlichen Umständen immer diese bestimmte Neigung haben, aus dieser sich verändern und in diese zurückkehren, dieß ist durch die Temperatur seiner Augen, seine Fern- und Nahsichtigkeit, durch die Temperatur seines ganzen leiblichen und geistigen Lebens bedingt. So oft jener seine Aufmerksamkeit von einer besondern sinnlichen Erscheinung ablenkt, in sich zurückkehrend, sinnend, nachdenkend, oder in freier spielender Thätigkeit des Gedankenwechsels, fällt er in die ihm, vermöge seiner geistigen Temperatur, zukommende Neigung der Sehachsen zurück. Und Alles, was durch die Bewegungen der Augen außer dieser Isothermlinie der Sehweite fällt, sind nur Nutationen von der normalen Neigung, vermöge der momentanen Bestimmung durch den besondern Sinneseindruck und den Zweck.

Jeder Mensch hat nun, wie es scheint, seine eigenthümliche Isothermlinie seiner Sehweite oder seines Blickes, seine Alletagssehweite, die ich den Mesoropter des Blickes nennen will. Vermöge dieser constanten ruhenden Bestimmung des Blickes ist die Malerei fähig, den individuellen Menschenblick darzustellen durch die optischen Bestimmungen der Grenze und der Lage, durch Licht und Schatten. So wie es nun Aufgabe der plastischen Kunst ist, in den Formen der menschlichen Gestalt ihre unendlichen Beziehungen zur Außenwelt, in der Bildung eines schönen Armes und einer schönen Hand die unendlichen Beziehungen dieser Glieder zur Außenwelt, welche sie durch die Mannigfaltigkeit und Harmonie ihrer Bewegungen haben, darzustellen, die Harmonie dieser Bewegungen durch die harmonische Darstellung der ruhenden Momente, welche diesen Veränderungen Träger sind, aufzufassen; wie also die plastische Kunst das wird, was sie ist, indem sie die schöne Bewegung in der Ruhe der Formen versinnlicht, so hat die Malerei in Hinsicht des menschlichen Blickes, außer vielen anderen Bestimmungen, die uns hier vermöge unserer Aufgabe nichts angehen, diese wesentliche, daß sie von den unendlichen Beziehungen der Augen zur Außenwelt durch die Bewegung die der Individualität eigenthümlichste, den individuellen Mesoropter, die mittlere individuelle Sehweite als das Ruhende richtig auffasse; sie hat, wenn sie diese ihre Bestimmung erreicht, die geistige Temperatur des individuellen Menschen, durch den in dieser bedingten Mesoropter, in die Augen gelegt.

Wen seine Natur auf die Beobachtung und Erfahrung der natürlichen Dinge hingewiesen, der trägt seine Augen auch mit derjenigen mittlern Sehweite mit sich, in welcher ihm seine Beobachtung, seine Erfahrung gegeben wird. Wessen Beschäftigung sich also nur gewöhnlich auf den Tastraum der Hände beschränkt, in dessen Thätigkeiten Augen

und Hände sich immer zu gleichem Zweck verbinden, durch die naturgemäße Bestimmung seiner individuellen Fähigkeiten, die den Einzelnen dazu treiben, was er Bestes werden kann, dessen Mesoropter wird auch nur sehr kurz seyn, nicht über den Tastraum der Hände hinausreichen. Menschen, die in einem kurzen Gesichtskreise das zu finden pflegen, was sie für ihre geistigen Bedürfnisse brauchen, werden selbst, wenn sie unthätig, ausruhend sind, ihren Horopter beibehalten, und nicht etwa mit den Augen auf großen Fernen ruhen. Man sieht diesen Blick oft an sinnigen Handwerkern, die ihre Sache verstehen und nichts verderben, an mechanischen Künstlern, Experimentatoren. Practisch tüchtige Menschen, die überall zu helfen wissen, den Nagel, wie man sagt, auf den Kopf treffen, Schärfe der Sinne mit scharfem Beobachtungsvermögen verbinden, haben selten einen großen Mesoropter, eine große mittlere Sehweite. (Franklin). Sich bestimmen zu einer besondern Thätigkeitsweise und einen Blick haben, der dieser angemessen ist, gehen in einer gewissen Sphäre der Gesundheit mit einander, und haben ihren Grund in der individuellen geistigen Temperatur. Sonst haben kurzsichtige Menschen in der Regel einen kurzen, fernsichtige einen großen Horopter. Wer immer nur Geld zu zählen hat und falsche Münze von wahrer zu scheiden, dessen mittlere Sehweite wird auch eine bleibende sehr kurze seyn. Mit dieser kurzen Sehweite steigt gleichen Schrittes die Beschränktheit des Gesichtsfeldes.

Auf der andern Seite, wer von den Dingen, die um ihn sind, keinen empirischen Gebrauch macht, oder wer mit den natürlichen Dingen umgehend, mehr erfährt als an den Dingen erscheint, wer mehr sich an den Dingen, als diese an sich erfährt, von ihnen zu sich selbst abstrahirend, dessen Mesoropter wird nicht leicht kurz seyn. Wie überhaupt ist hier mit der fernen Sehweite eine große Pupille verbunden.

Solche Menschen sehen, wie man sagt, ihr ganzes Leben nachdenkend aus, d. h. diejenigen Dinge, worauf die Menge sinnlich reflectirt und reagirt, liegen nicht in ihrer Sehweite, sie scheinen vielmehr durch die nächsten Gesichtsobjecte wie hindurchzusehen. Schaffende, in feinen Seelengenüssen lebende, heitere offene Naturen, voll innerer Lust und ohne Arg, und so auch geniale Denker, Dichter, Künstler, haben eine große Sehweite. An heiteren jugendlichen Naturen nennt man es den offenen Blick. Unter anderen Bestimmungen, in anderen geselligen Verhältnissen, namentlich der Bewegung und der Form der Augenwölbung, wird der Blick durchdringend, schöpferisch. Die Welt, sagt man, spiegelt sich in einem solchen Auge voll schöner Menschlichkeit. Dahin gehört denn auch, als momentaner Act, das unbestimmte Vorsichhinstarren in der Meditation, in welcher die nächsten Gesichtsobjecte in den Kreis des undeutlichen Sehens fallen. Glaubend, Hoffend, Sehnend liebt die Sehweite die Unendlichkeit, die über den Bergen ist. Ein solcher Blick erfreut sich an der tiefen Bläue des Himmels, an einer ruhigen wohlthätigen Einförmigkeit des fernen Horizontes ohne begrenzte blendende Bilder, wie es denn die sittliche Wirkung des Blauen ist, daß diese Farbe in der größten räumlichen Ausdehnung geliebt wird, da hingegen das Rothe in dem größten Umfange nicht gut ertragen, vielmehr vermieden wird, die Fixation des Blickes, als Farbe der Auszeichnung der Einzelnheit fesselt und einen kurzen Horopter fordert. Wenn zu dieser Fernsicht des Blickes die trunkene Bewegung der Augen kommt, die ich oben beschrieben habe, so liegt in dieser Verbindung einer weichlichen Bewegung mit einer großen Sehweite, die mit dem Parallelismus der Sehachsen unendlich wird, etwas Mystisches. Für den Maler geht nun das eine Element dieses Blickes, die Bewegung verloren; aber ihm ist das weiche Herabsinken des obern Augenliedes über den obern

Theil der Regenbogenhaut wichtig. Allein der fesselloſe durchdringende Blick, der in dem Endlichen die gegenwärtige Unendlichkeit anſchaut, hat nicht dieſes Weiche, bei einer unbegrenzten Sehweite. Das Weltauge der offenbarenden Theologie, wenn dieſe Gegenſtand der allegoriſchen Darſtellung iſt, hat einen unendlich fernen Horopter in der größten Klarheit des Auges, da die kleine Theologie, die gefallene Menſchheit liebend, erziehend, erbarmend in ihre kürzere Sehweite aufnimmt. Das Kind unter den Lehrlingen zu Sais, welches Novalis zeichnete, von großen dunkeln Augen, das unendlich ernſt lächelte, und dem der Lehrer den Unterricht übergab, dieſes Kind hatte ſolche Weltaugen.

Den Blick der Liebe habe ich ſchon früher zu zeichnen verſucht. Dort ſchon wurden ruhende Merkmale aufgeführt. Es genügt hier daran zu erinnern, daß die Sehweite, nach Maßgabe der mehr geiſtigen oder ſinnlichen Liebe, immer entweder größer oder kleiner iſt als der Gegenſtand wohlgefälliger Betrachtung es fordert. So verliert die Deutlichkeit des Geſichtes; aber das Auge gewinnt an Extenſion des Geſichtsfeldes, was ihm an Intenſion des Eindruckes abgeht. Das Auge vermeidet die reflectirende Fixation; der Blick hat hier alle ergänzenden Theile der Erſcheinung mit einem Mal zuſammen; denn er betrachtet. Ueberall, wo die Sehweite größer iſt als die Geſichtsobjecte es heiſchen, nennt man es betrachten. Der Blick der Mutterliebe iſt weſentlich betrachtend. Die ſäugende Mutter ſieht nicht, ſie betrachtet das Kind. So ſagt man im Franzöſiſchen von einem Weibe, das ihren Mann, oder von einer Mutter, die ihren Sohn innigſt liebt: elle ne le croit pas, où elle le voit, elle ne le voit pas, où il est. Es giebt Menſchen, die immer mehr betrachten als zuſehen. Vor dieſen hat man ſich nicht zu fürchten; ſie werden aber nie Beobachter.

Dieß sind die Verhältnisse des ruhenden Blickes, welche einer Darstellung durch Licht und Schatten, durch Grenze fähig sind. Der Maler nun, der den Blick eines Menschen auffassen will, muß eine sinnliche Anschauung des mittleren Horopters eines Menschen gewinnen, derjenigen Sehweite, welche dem Menschen durch die Temperatur seiner Geistigkeit und durch seine Sinnenwelt gegeben ist. Mit allem Geistigen, das er durch Vertheilung des Lichtes und des Schattens in das Auge zu legen versteht, wird er den Augen wenig von dem individuellen Blicke mittheilen, wenn der beständige Horopter nicht glücklich aufgefaßt ist.

Es giebt Menschen, die gar keinen ruhenden Blick, keine mittlere Sehweite haben. Diese sind der Abstraktion des Gesichtssinnes nicht fähig. Immer ruhen ihre Augen mit dem Convergenzpuncte auf einem bestimmten Gegenstande in allem Wechsel der Erscheinungen. Und hier giebt es zwei durch sinnliche Merkmale wesentlich verschiedene Zustände. Entweder nämlich ist der Blick in einer ewigen Unruhe, Emsigkeit und Flatterhaftigkeit, ohne zu sich selbst zu kommen. Und dann ist die reflectirende Fixation nicht einmal bestimmt, sondern ungewiß, veränderlich, abspringend. Dieser Blick ist nicht selten bei leichtfertigen geckenhaften Menschen, in der Gedankenflucht, und in der größten Ausbildung in der Morie. Die andere Art des Blickes ohne mittlere Sehweite ist entgegengesetzter Natur; sie kömmt den nur empirisch verständigen Menschen mit scharfem Gesichte zu. Diese Augen fixiren immer etwas Bestimmtes, sind bei allem Wechsel der Erscheinungen immer auf ein Näheres oder Ferneres aufmerksam; sie sehen in die Ferne, wie in die Nähe gut; in ihrem Blicke ist keine Spur der Betrachtung. Solche Menschen mögen genaue Beobachter seyn, aber ihnen geht die Einheit der Erscheinung über dem Werthe des Einzelnen unter. Da

paßt denn, was Göthe von Hook sagte: Er ist ein mehr emsiger als fleißiger Beobachter und Experimentator. Er blickt überall um sich, und seine unruhige Thätigkeit verbreitet sich über die ganze Naturlehre. Man muß ihm zugestehn, daß er gute Entdeckungen gemacht, Entdecktes glücklich bearbeitet hat; doch ist er kein theoretischer Kopf, nicht einmal ein methodischer. Die Emsigkeit in der Thätigkeit der Sinne geht hier gleichen Schritt mit der Unruhe der geistigen Reactionen. Der emsige unruhige Blick ohne mittlere Sehweite, ohne Abstraction des Gesichtssinnes hat durch seine Bewegungen, seyen diese, wie in dem einen Falle, gemessen und bestimmt, oder wie in dem andern, leichtfertig und flüchtig, für den Beobachter vieles Interesse. Aber das Eigenthümliche solcher Augen ist durch den Mangel des mittleren Horopters keiner Darstellung durch Licht und Schatten fähig.

Es ist bekannt, wie verschieden die Sehweite in den Affecten ist. Die erhebenden Affecte, welche einen freien Spielraum unserer geistigen Thätigkeit mehr und weniger zulassen, die Hoffnung, die Freude, die Sehnsucht, die Bewunderung, das Erstaunen, bedingen einen großen fernen Horopter mit größerer Pupille; aber die deprimirenden Affecte, die unser Selbstgefühl schmälern, sind von einer mehr oder minder kurzen Sehweite begleitet; so die Furcht, die Traurigkeit, die Schaam, die Ehrfurcht. Alle diese Affectionen mit größerer oder geringerer Sehweite vermeiden das deutliche Sehen, die Fixation; aber der Zorn und der Abscheu sind bei einem kurzen Horopter fixirend. Die plötzlich deprimirenden Affecte, wie der Schrecken, lähmen momentan das Vermögen der Achsenneigung

und haben deshalb einen großen fernen Horopter und eine weite Pupille, wie die gelähmten Augen überhaupt.

Auf den Grundsätzen, die ich eben entwickelt habe, beruht der physionomisch-ethische Ausdruck des Blickes des Kindes und des Greises. Die Sehachsen junger Kinder sind dem Parallelismus nahe. Wenn wir kurz vorher ein Auge kennen lernten, das gar nicht zu sich selbst kommend, in einer ewigen Flucht von Object zu Objecten irrte, dessen Horopter ewig veränderlich war, so lernen wir in dem Blicke des Kindes ganz das Gegentheil kennen. Aber die Sehweite des Kindes wird nicht, wie bei dem Erwachsenen, durch eine größere oder geringere Neigung der Sehachsen bestimmt, sondern sie ist unendlich, durch den Parallelismus der Sehachsen bedingt. Die Augen des Kindes haben noch nicht gelernt, einen bestimmten Gegenstand in wechselnder Entfernung zu fixiren. Das Kind kennt das Nahe und das Ferne nicht; die Bilder der äußern Welt scheinen ihm auf ihm selbst zu liegen, und es ist ihm in der Unerzogenheit des Gesichtssinnes wie dem Blindgebornen, dem durch die Operation die Gesichtswelt plötzlich erschlossen wird, und der wohl die Lust hat, der schönen ungewohnten Phänomene habhaft zu werden; aber mit jedem Schritte, mit jeder Bewegung der tastenden Hand erschrickt, weil er an die Bilder anzustoßen scheint. Das Kind macht noch nichts aus dem unendlichen Wechsel der Bilder, sondern es läßt sich diesen bloß gefallen. Das Kind sieht darum auch nothwendig anfangs die näheren Dinge doppelt, weil sein Horopter unendlich ist, und es gelten hier die Gesetze des Doppelsehens, welche von dem Parallelismus der Sehachsen früher ausführlich entwickelt worden sind. Bei der

gleichen Anspruchslosigkeit aller Augenmuskeln, bei der Unkenntniß der Bewegungsmomente der letzteren, welche nur durch die vielfachste Uebung, durch die Erziehung des Gesichtssinnes vermöge des Spiels (das überhaupt bei dem Kinde von der größten physiologischen Wichtigkeit ist), ist der Parallelismus im Anfange constant, und sogar während der Bewegungen der Augen. Die sich entsprechenden Augenmuskeln jeder Seite wirken immer in gleichen Contractionsmomenten mit einander. Die Bewegung des äußern geraden Augenmuskels des einen Auges begleitet immer eine gleiche Bewegung des innern geraden des andern Auges. Noch hat das Kind nicht gelernt, die inneren geraden Muskeln in gleichen Contractionsgraden für mittlere Gesichtsobjecte verschiedener Entfernung, in ungleichen Contractionsgraden für seitliche Gesichtsobjecte in Anspruch zu nehmen. Eine verschiedene Convergenz der Sehachsen wird noch nicht behufs der Fixation mit den Gesichtsobjecten verschiedener Fernen verbunden. Wäre nun das Auge des Kindes fernsichtig, wie sein Horopter in einer unendlichen Ferne ist, so müßte dem Kinde nichts schwieriger seyn als die Erziehung des eigenen Gesichtssinnes. Es wäre durch die in seinen Augen gelegenen Bestimmungen veranlaßt, wie das Fernste zu fixiren, so auch nur das Fernste deutlich zu sehen. Und da man sich mit dem, was unsere Organe am leichtesten verfolgen, am liebsten beschäftigt, so wäre dem Kinde wenig Gelegenheit gegeben, sich in der Fixation des Nahen und Fernen auszubilden. Das Kind ist aber durch die in den brechenden Medien seines Auges gegebenen Bestimmungen nicht fernsichtig, sondern vielmehr nahsichtig. Die nächsten Objecte scheinen ihm am deutlichsten, während es die fernsten im Convergenzpuncte seiner Sehachsen hat. Durch das ausschließlich deutliche Sehen in der Nähe wird also das Kind bestimmt, aus dem Parallelismus der Sehachsen alle denkbaren Neigungs-

winkel derselben kennen zu lernen, und bestimmte Neigungen der Augen mit bestimmten Entfernungen der Objecte zu verbinden. Man giebt gewöhnlich als Grund unserer erzogenen Erkenntniß von der größern und kleinern Entfernung der Gesichtsobjecte an, daß wir die scheinbaren Größen und die Deutlichkeit der Bilder in der Abnahme und im Wachsthum vergleichen lernen. Und dieß ist auch richtig, wenn man auf das Resultat der Erziehung des Gesichtssinnes sieht. Die Augen haben aber ursprünglich, selbst ehe die scheinbaren Größen mit ihren wahren verglichen werden, in dem Grade der Neigung der Sehachsen gegen einander, unter welchem ein Gesichtsobject einfach und nicht doppelt gesehen wird, ein viel sichereres untrügliches Maß der Entfernungen. Um einen Gegenstand einfach zu sehen, müssen sich die Achsen beider Augen in demselben Puncte des Objectes vereinigen, damit auf identische Theile beider Netzhäute gleiche Bilder fallen. Zu diesem Zweck corrigirt das Kind diejenige Neigung seiner Sehachsen, in welcher ihm ein Gesichtsobject der Aufmerksamkeit doppelt erscheint so lange, bis die Doppelbilder sich zu einem Bilde vereinigen, d. h. bis die veränderte Neigung der Sehachsen mit der Entfernung des Objectes stimmt. Für andere Entfernungen der Objecte bedarf es anderer Neigungen der Sehachsen, damit die Doppelbilder sich vereinigen und die Gegenstände im Convergenzpuncte der Sehachsen einfach erscheinen. Die Neigung der Sehachsen ist also gleichsam die Parallelaxe für die Entfernung der Objecte, welche nicht erst durch das Gesicht gemessen werden muß, sondern durch das Maß von Contraction der Augenmuskeln bei einer gewissen Neigung unmittelbar von dem Gefühlssinne erkannt wird.

Es scheinen demnach die Doppelbilder, die wir nach der vollendeten Erziehung des Gesichtssinnes vermeiden, weil wir durch die in der Erziehung gegebenen Mittel die

Entfernung leicht treffen, in der Kindheit von großer physiologischer Wichtigkeit zu seyn. Auch scheint es klar, daß zwei gegen einander bewegliche und in verschiedenen Graden der Neigung rotirende Sehorgane mit identischen Netzhäuten die größte mögliche Ausbildung des Gesichtssinnes seyn müssen, und daß die Monophthalmie aus physiologischen Gründen mit der Vollkommenheit des Gesichtssinnes unverträglich ist.

Nach Desmonceaux *) erlangen die Kinder in sehr verschiedener Zeit die Fähigkeit, Gegenstände verschiedener Entfernungen zu fixiren, einige mit einem Monate, andere mit fünf, mit sechs Wochen. Vor diesem Zeitpuncte werden alle näheren und ferneren Bilder, selbst wenn sie die Lust und den Gefallen der Kinder erregen, ohne Fixation bei parallelen Sehachsen mehr betrachtet als deutlich gesehen. Und darin ist der physiognomische Ausdruck des Kindesblickes begründet, der sich gleich bleibt in der Ruhe wie in der Bewegung. Denn auch die Bewegungen des Auges in der Breite geschehen nur betrachtend unter dem Parallelismus der Sehachsen. Alle anderen Beziehungen, welche außerdem den Blick des Kindes bezeichnen, wie die Umgebungen des Auges, kommen größtentheils auf die entwickelte Bestimmung zurück. Die Umgebungen des Auges sind offen; noch nie hat der Trieb, der Zweck, die Leidenschaft die Augenbraunen in eine größere Beschattung des Auges zusammengezogen.

Wir werden aber sogleich ein Merkmal des kindlichen Blickes kennen lernen, das uns in der bisherigen Entwickelung nicht gegeben ist, und das uns deutlich machen

---

*) In Rudolphi's Physiologie, Bd. 2. S. 230.

wird, warum der Blick der Kinder, selbst wenn sie im Besitz einer leichten und beweglichen Fixation sind, doch immer noch etwas Eigenthümliches von dem Blicke der Erwachsenen Verschiedenes hat, welches gleichfalls durch Licht und Schatten, durch Grenze darzustellen ist. Ehe wir uns aber damit beschäfftigen, mögen einige Worte von dem Blicke der Greise an ihrer Stelle seyn.

Da der Greis das deutliche Sehen in der Nähe mit dem Triebe für die nächste Umgebung verliert, weniger, wie es scheint, durch Veränderung der brechenden Medien, als durch den Verlust desjenigen Vermögens, durch welches das Auge seine Refractionsverhältnisse für verschiedene Entfernungen abändert, da also dem Greise ein relativ deutliches Gesicht nur in der Ferne gesichert ist, so ist auch seine Sehweite, oder die Neigung seiner Achsen für die Ferne, und er geht dahin zurück, von wo das Kind begonnen, mit dem Unterschiede, daß das Kind aus dem Widerspruch eines sehr fernen Horopters und eines kurzen Gesichtes die eigene Erziehung des Gesichtssinnes für die Unterscheidung der räumlichen Welt beginnt, der Greis durch die Einheit der Fernsichtigkeit und des fernsten Horopters dem Absterben und dem Abschluß der Gesichtswelt sich nähert. Der Blick in die Ferne ist daher der ethische Ausdruck in den Augen des Greises. Das Auge stirbt im Parallelismus der Sehachsen.

Entfernung der Augen.

Bei dem erwachsenen Europäer beträgt der Zwischenraum der Augen nicht ganz $^1/_3$ des Raumes, der von dem äußeren Augenwinkeln eingeschlossen wird. Man kann dem-

nach annehmen, daß die Entfernung der Augenachsen, wo sie durch die Mittelpuncte der Augen gehen, = 2mal der Größe eines Auges oder = 2mal der Größe des Zwischenraumes der Augen sey. Nimmt man für die Breite jenes Zwischenraumes im Erwachsenen 1 Zoll, für das Kind in irgend einem Alter ½ Zoll, so ist die Entfernung der Mittelpuncte der Augen im Erwachsenen = 2 Zoll, im Kinde = 1 Zoll. Es ist begreiflich, daß wenn der Erwachsene und das Kind Gegenstände gleicher Entfernung fixiren, ihre Augenachsen behufs der Fixation, wegen der ungleichen Entfernung der Augenmittelpuncte, sehr ungleiche Neigungen eingehen müssen. So sieht nun das Kind einen Gegenstand in geringer Entfernung mit einem Neigungswinkel der Achsen an, mit dem der Erwachsene einen sehr fernen Gegenstand betrachtet. Kurz, die Fernen der Gegenstände, welche von dem Kinde und dem Erwachsenen unter gleichen Neigungswinkeln der Sehachsen fixirt werden, verhalten sich wie die Entfernungen der Mittelpuncte der Augen in dem Kinde und dem Erwachsenen. So, wenn in Fig. 4. Taf. VI. b c die Entfernung der Mittelpuncte der Augen bei dem Kinde, a d = 2 × b c die Entfernung derselben bei dem Erwachsenen, a y parallel mit b o, d y parallel mit c o, so verhält sich die Entfernung des Gegenstandes y, der von dem Erwachsenen unter dem Neigungswinkel a y d gesehen wird, zur Entfernung des Gegenstandes o, der unter demselben Neigungswinkel von dem Kinde gesehen wird, wie a x zu b x = a d : b c.

Für die Entfernung o sind die Neigungswinkel für beiderlei Augen nicht ganz um das Doppelte ungleich. Für kleine Entfernungen wird der Winkel 1 um vieles kleiner seyn als < 2, und dann wird der Neigungswinkel des Erwachsenen nicht noch einmal so groß als der des Kindes seyn können. Für größere Entfernungen kann man die Winkel 1 und 2 fast gleich annehmen und es ist also bei

dem angenommenen Verhältniß für größere Entfernungen, der Neigungswinkel des Erwachsenen beiläufig noch einmal so groß als der des Kindes.

Diese Unterschiede sind dem Beobachter groß genug, und sie begründen den Ausdruck des kindlichen Blickes auch nach der Erziehung des Gesichtssinnes größtentheils. Mit der zunehmenden Größe des Kopfes und somit des Zwischenraumes der Augen werden diese Unterschiede des Blickes mehr und mehr getilgt. Und so verliert denn das Kind, das die Natur mit einem hellen offenen Blicke begabt hat, mehr und mehr aus natürlichen Gründen des Wachsthums von dieser schönen Empfehlung, wenn nicht der verschwundene kindliche Ausdruck in dem Knaben durch andere geistige Beziehungen in den Augen ersetzt wird.

Was nun von dem Unterschiede der Blicke des Kindes und des Erwachsenen gesagt ist, gilt auch in minderm Grade von den Erwachsenen, mit einander verglichen, und es ist begreiflich, wie selbst die Größe des Kopfes, insofern dadurch die Raumverhältnisse der Augen, und namentlich der Zwischenraum derselben bestimmt wird, großen Einfluß auf den Ausdruck des individuellen Blickes haben könne. Menschen mit sehr großen Köpfen, mit einem Horopter für die näheren Umgebungen, haben schon darum etwas Stieres in den Augen, namentlich, wenn sie nähere Gegenstände anschauen, mit einem sprechen, weil die Neigungswinkel unverhältnißmäßig groß und die Augen behufs der Fixation wie schielend nach innen geneigt sind, ἀλοππειν ταυριδον, mirar a guisa di toro. Aber Köpfe mit feiner Bildung der Kopfknochen, kleinen aber regelmäßigen Verhältnissen, haben durch diese Bestimmungen, abgesehen von den Bewegungen der Augen, in ihrem Blicke etwas Kindliches, Gefälliges, mit dem man sich gern vertraut. Wenn hingegen, bei sonst größeren Verhältnissen, das Interstitium der Augen besonders klein ist,

die Wurzel der Nase wie eine dünne Scheidewand zwischen den Augen vorspringt, die Verhältnisse des Horopters also, bei aller Unkindlichkeit des Gesichtes überhaupt, in Hinsicht der Neigungswinkel für gewisse Entfernungen kindlich geblieben sind, ohne daß der Blick die wahre Fernsichtigkeit der Sehweite wie in den kindlichen Augen hat, vielmehr die Bewegungen des Horopters nicht sehr weit über den Tastraum hinausgehen: unter diesen ungünstigen Umständen geht dem Blicke alle Acies ab, und diese Augen haben immer etwas Flatterhaftes und Geckenhaftes. Auf der andern Seite haben unter sonst normalen Verhältnissen die Augen, durch einen großen unverhältnißmäßigen Zwischenraum, eine sehr breite Glabella getrennt, weder Acies des Blickes noch Leichtigkeit der Bewegungen. Man sieht aus Allem diesem, daß die Entfernung der Augen in der natürlichen Gesichtsbildung gar nicht eine zufällige ist und daß die Begriffe von Schönheit der Verhältnisse in den Gesichtern auch hier nicht conventionelle sind. Ein engerer Zwischenraum der Augen gestattet gar keine Mannigfaltigkeit der Neigungen der Sehachsen, die den Sinnen bemerkbar wäre. Die Unterschiede der Neigungen für ungleiche Entfernungen sind nur sehr gering, und das Individuum verfehlt aus diesem Grunde in den Bewegungen der Augen eben so sehr die richtige Fixation, als dem Beobachter die Unterschiede des Horopters solcher Augen leicht entgehen, wodurch er bestimmt wird, jenen Augen Ausdruck und Bestimmtheit abzusprechen. Auf der andern Seite sind bei einer zu großen Entfernung der Augen die Unterschiede der Neigungen der Sehachsen für ungleiche Entfernungen zu groß. Der Wechsel dieser ungleichen Neigungen wird für das Auge eben so schwierig und lästig, als für den Beobachter störend unangenehm. Die geringste Entfernung von den Augen, in welcher noch deutlich gesehen wird, ist die

Höhe eines gleichseitigen Dreiecks, dessen Winkel durch den fixirten Gegenstand und die Mittelpuncte der Augen bestimmt sind. Augen, die in dieser Entfernung die Grenze ihres deutlichen Sehens in der Nähe erkennen, können nicht weiter von einander entfernt seyn. Wäre dieß, so würden Gegenstände, welche dem einzelnen Auge in der nächsten Entfernung noch deutlich erscheinen, nicht von beiden Augen zugleich deutlich gesehen werden können. Kleiner kann jene Entfernung der Augen von einander auch nicht seyn, aus schon entwickelten Gründen, weil dann die feinen Unterschiede der Neigungen der Perception entgehen würden und die Fixation unbestimmt würde. Bewegliche, im Sehen gesellige und in ihren Bewegungen harmonische Augen können also nur eine bestimmte nothwendige Entfernung von einander haben und diese ist durch die Grenze des deutlichen Sehens und durch den Umfang der Bewegungen der Augen bestimmt.

Es liegt zu fern, mich noch über die nationellen Verschiedenheiten der Augenverhältnisse zu verbreiten. Man weiß aus Camper's Messungen, daß die Augen der Kalmucken durch ein kleineres Interstitium getrennt sind, und daß die Neger in dieser Beziehung zwischen jenen und dem wohlgebildeten Europäer in der Mitte stehen. Aber diese Thatsachen stehen zu vereinzelt, und andere sind zu unverlässig, als daß es Zeit wäre, sich in eine Untersuchung des Physiognomischen in den Augen der Menschen verschiedener Stämme einzulassen.

Nutzanwendung.

Es ist leicht einzusehen, wie viele nachtheilige Umstände sich in der letztern Beziehung vereinigen, um die

Miniatur-Malerei unvollkommen zu machen. Der Horopter der Augen läßt bei einer solchen Verkleinerung aller scheinbaren Größen und also auch der Gesichtsobjecte, welche in den Gesichtskreis dieser Augen fallen, sich nicht auszeichnen. Und wenn auch die Verkleinerung in allen Dingen verhältnißmäßig wäre, wenn auch in dem Miniaturbilde das Auge seine Gesichtsobjecte in verkleinerten Entfernungen bei sich hätte, so sind doch bei einer solchen Kleinheit der Verhältnisse die feineren Beziehungen der Sehweiten nicht auszudrücken. Am sichersten und schicklichsten wird immer noch in Miniaturbildern der kindliche Blick dargestellt werden können, weil dieser einer bestimmten Neigung der Sehachsen ermangelt. Colossale Bilder, die nur in der Entfernung als menschliche Größen wirken, erleiden keine Vergrößerung der Neigungswinkel der Sehachsen, weil durch die Reduction der scheinbaren Größen die Entfernung der Augen bei gleichbleibendem Neigungswinkel reducirt wird. Allen colossalen Formen ziemt aber doch eine ferne Sehweite, denn die erhabene Ruhe verträgt sich nicht mit einer kurzen den menschlichen Dingen angehörenden Sehweite. Die Neigungswinkel der Sehachsen müssen sehr klein seyn. Unter diesen Umständen ist die Wirkung des Colossalen auch in dem Blicke groß. In dem Blicke liegt nichts Menschliches mehr; diese Augen durchdringen den ungeheuren Raum und kommen darum dem Gotte zu, von dem es heißt: der Blick seiner Augenlieder läßt die Erde erzittern. Man glaubt diesen Blick in den colossalen Köpfen der Meduſa von Schlüter über den Thoren des Zeughauses zu Berlin zu sehen.

Werden colossale Figuren im Momente der Handlung von dem Bildner aufgefaßt, wo also der Blick seinen nothwendigen Horopter in dem Objecte der Handlung hat, so ist dieses, wenn das Object der Thätigkeit nahe gelegen ist, für den Ausdruck des Blickes etwas sehr Ver-

fängliches. Dann wird bei der größeren Entfernung der Augen von einander, wenn der Blick der Statue wirklich seinen Horopter in dem Gegenstande der Thätigkeit hat, sehr leicht etwas Stieres, alle schöne Bildung des Gesichtes Störendes den Ausdruck der Augen verderben: oder wenn, um dieß zu vermeiden, dem Contuitus der Augen ein fernerer Horopter als im Objecte der Handlung gegeben ist, wie er aus den früher angegebenen Gründen den colossalen Formen zukommen muß, wird der Tadel gerecht seyn, den Benvenuto Cellini dem Bandinelli in Hinsicht der Gruppe des Hercules und Kakus machte, wenn er sagte, daß Hercules gar nicht das zu sehen scheine, was er thue.

Energie und Crethismus der Sehkraft, Bestimmtheit und Flüchtigkeit des Blickes.

Die Dauer der Nachbilder und Blendungsbilder ist bei verschiedenen Temperaturen der Augen sehr verschieden. Bei einer mittlern Intensität des Tageslichtes und einer mittlern Energie der Sehkraft ist die Dauer der Nachbilder 20 Secunden. Ihre längere Dauer in einem gesunden Auge hängt eines Theils von der Lichtintensität des objectiven Bildes und von der Dauer der Fixation des letztern ab; dann aber kann ein auch minder lebhaftes Nachbild durch den beständigen Wechsel einer allgemeinen Ruhe des Auges und eines allgemeinen Lichtreizes ungewöhnlich dauernd werden.

Die Nachbilder mit ihren Umkehrungen begleiten alle Gesichtsphänomene so beständig, daß es die nothwendigste Bedingung zur Gesundheit des Auges ist, unaufhörlicher

Wechsel der Reizung und der Beruhigung auf verschiedenen Theilen der Netzhaut Je länger man ein Spectrum ansieht, um so undeutlicher, schmutziger wird es. Das Nachbild, den harmonischen Gegensatz des Spectrums entwickelnd, gleicht sich mit dem immer wiederholten Eindrucke des objectiven Bildes zum Grauen aus. Bei der leisesten Bewegung des Auges rückt das Nachbild über das objective Spectrum hinaus und es entstehen auf der einen Seite die harmonischen Farbensäume, welche mit den dioptrischen allseitigen Farbensäumen nicht verwechselt werden dürfen. Bei der längsten Dauer der Fixation tritt das Nachbild in den lebhaftesten Streit mit dem wiederholten Eindrucke des objectiven Bildes, und da die Gegensätze des Lichten und Schattigen wie die harmonischen Gegensätze der Farben auf gleiche Weise sich zu Grau beruhigen, so verzehrt das Grau zuletzt allen Unterschied des Gesichtsfeldes; an welcher Grenze der Kreis der subjectiven Gesichtsphänomene sich eröffnet. Ich habe es mit der größten Anstrengung versucht, eine Farbenscheibe, die einen großen Theil des Gesichtsfeldes einnahme eine halbe Stunde fest zu fixiren. Zuletzt erschienen, nachdem alle Begrenzung in einem grauen Nebel untergegangen war, die pulsirenden Figuren, das Spinngewebe der primären Druckbilder, die wallenden Nebelstreifen u. s. w. unter Schwindelanwandlung. Wobei ich denn auf das Lebhafteste an jene unvergängliche Verherrlichung dieser Gesichtswahrheit erinnert wurde:

Es wölkt sich über mir —
der Mond verbirgt sein Licht —
die Lampe schwindet!
Es dampft! Es zucken rothe Strahlen
mir um das Haupt. Es weht
ein Schauer vom Gewölb herab
und faßt mich an! u. s. w.

Und so viel von der Energie des Auges und den Nachbildern und Blendungsbildern, woraus wir nur das zunächst festhalten mögen, daß zur Gesundheit des Auges und zur Reinheit der Bilder eine gewisse Schnelligkeit oder Flüchtigkeit des Blickes, der Augenbewegung nothwendige Forderung sey. Damit sind wir nun zur Anwendung auf den menschlichen Blick zurückgekehrt. Die Empfindlichkeit der Augen, ihre Energie in der Ausdauer der Fixation, in dem Bestehen des Kampfes, welcher aus der Deckung des immer wiederhohlten objectiven Bildes und des geforderten Nachbildes entsteht, die Zeit, in welcher es zur Absorbtion des objectiven Bildes von dem Nebelfelde kommt, sind bei den verschiedenen Individuen die verschiedensten. Hysterische Frauen, überhaupt Menschen von sanguinisch-melancholischem Temperamente, und unter diesen namentlich jüngere, ertragen eine längere Fixation des objectiven Bildes am wenigsten. Unter Handarbeiten, welche eine dauernde Fixation feiner Begrenzung erfordern, treten die subjectiven Phänomene, die wallenden Nebel sehr leicht ein. Die wenigsten Menschen ertragen die Schrift während des Lesens durch mehrere Nachtwachen. Für solche Augen ist es nothwendige Bedingung, um die Reinheit des Eindruckes zu erhalten, der Macht der Nachbilder abzuwehren, daß sie in ihren fixirenden Bewegungen leicht flüchtig sind. Ein Auge mit Energie des Gesichtes, mit festen bestimmten Bewegungen, in einem Körper, der in allen Reactionen sicher und gemessen ist, hat Tenacität des Blickes; es erträgt einen und denselben Eindruck längere Zeit ohne Trübung. Aber ein crethisches Auge ist gezwungen, diese Reaction aufzugeben, es kann nicht mit dem Blicke durchbohren, es kann nicht untersuchen, am wenigsten Bewegungen verfolgen oder beobachten. Es liegt in seiner individuellen Gesundheit, daß es nach einer schwachen Fixation leicht von Punct zu Punct abspringt,

wobei begreiflich der Blick weniger durch den Zweck als durch das nächste Auffallende in dem Gesichtsfelde bestimmt ist. Leichtes flüchtiges Spiel der Augen ohne Acies, ohne Urtheil ist diesen Augen wesentlich. Sie können viel Freundliches, Liebliches, ja selbst einen hohen Grad des ὑγρὸν haben, wenn ihre Bewegungen sonst schön, das ist, frei sind. Wenn aber diese Bewegungen mangeln, so ist der Blick im eigentlichen Sinne leichtfertig, bedeutungslos.

Diesen Augen ist es ferner eigenthümlich, daß das Resultat der inneren Veränderungen für Nähe und Ferne bei ihnen keine Dauer hat. Das Auge kann sich nicht behufs der Fixation in demselben Refractionszustande erhalten. Nur in dem Wechsel der innern Veränderung ohne Bestimmtheit besteht seine Gesundheit. Das undeutliche Sehen in einem gewissen Grade kömmt daher zu jenen Nachtheilen. Und wenn diese Augen von einem Puncte zu einem entlegenen derselben Fläche fortschreiten, so geschieht dieß nicht unter einem bleibenden Refractionszustande, sondern sie gleiten unbedächtig über die Fläche hin, und wenn der Punct der Theilnahme erreicht ist, haben sie nöthig, neuerdings für die Entfernung des Fixationspunctes sich zu verändern, was ihnen immer mühsam gelingt. Sie übersehen das Einzelne einer Fläche, ohne sich nach dem Beschluß der Gesichtsvorstellung Rechenschaft zu geben. So wie nun diese Augen selbst nicht dauernd zu fixiren vermögen, so wenig halten sie die dauernde Fixation aus; sie sind leichtfertig und auch blöde.

Diesem Erethismus, dieser Beweglichkeit steht die Energie, die Tenacität der Sehkraft entgegen. Dieses Auge eilt nicht über die Dinge hin, vor den Nachbildern furchtsam, sondern trifft unter einem gesetzmäßig schnellen aber bestimmten Wechsel der inneren Veränderung, was es sucht ohne Irren, ohne Trübung. Ein solches Auge, kann man sagen, ist nie ohne Urtheil, (cernit). Seine Bewe-

gungen sind sicher und bestimmt, es erhält sich auf einem gewissen Zustand der inneren Veränderungen lange behufs der deutlichen Fixation, und das Hüpfen und Breiterwerden der fixirten Gegenstände ist ihm eine seltene Erscheinung. Wo es die Fläche mißt, weiß es von jedem, was ihm im Fortgang seiner Bewegung geboten wird, Rechenschaft zu geben. Es beobachtet, forscht, leidet nie, sucht vielmehr überall in seiner Sinnlichkeit, seinem Seyn zu verharren, und verträgt fixirend und treffend die fremde Fixation, wenn ihm die leidenden Augen ausweichen. Das ist, was man Schärfe, Acies des Blickes nennt. Die Momente der Erkenntniß für diese Arten des Blickes sind die Merkmale des deutlichen und undeutlichen Sehens. Die Neigung der Sehachse, die Vergrößerung der Pupille mit der Entfernung der Objecte immitten der Bewegungen der Augen, die sichern oder zitternden Bewegungen der Augen im Neigungswechsel der Sehachsen und in der Ebene des Gesichtsfeldes.

VII.

Ueber die Augen

und

das Sehen der Insecten, Spinnen und Krebse.

---

1. Von den beiden in der Natur möglichen Arten des Sehorganes.
2. Von den Augen der Arachniden und Scorpioniden und von den glatten Augen der Insecten.
3. Von dem Sehen der Arachniden, Scorpioniden und Insecten mit einfachen Augen.
4. Von den zusammengesetzten Augen der Insecten und Krebse. — Cornea, durchsichtige Crystallkegel, Pigment, Fasern des Sehnerven.
5. Von dem Sehen der Insecten und Krebse.

Größe der Gesichtsfelder. — Deutlichkeit und Undeutlichkeit des Bildes. — Die Gesichtsfelder beider Augen. — Nähe und Ferne der Gegenstände. — Scheinbare Größe der Gegenstände. — Größe der Augen und Größe der Thiere. — Die lichtscheuen Insecten. — Die Wasserinsecten. — Die fleischfressenden und pflanzenfressenden Insecten. — Larven, Chrysaliden und vollkommene Insecten. — Männchen und Weibchen. — Einfache und zusammengesetzte Augen. — Augen und Antennen. — Augen und Glieder.

1. Von den beiden in der Natur möglichen Arten des Sehorganes.

Die Möglichkeit des Sehens bestimmter Bilder beruht darauf, daß das Licht von verschiedenen Theilen des leuchtenden Objectes auch auf verschiedenen Theilen des empfindenden Gebildes gesondert werde. Eine Netzhaut ohne äußern Apparat, welcher diese Bedingungen erfüllt, kann nur schlechthin Lichtempfindung haben. Wie auch immer die Objecte seyn mögen, die ihr geboten werden, da Licht, Schatten und Farbe von allen Theilen des Gegenstandes auf allen Theilen des empfindenden Gebildes gleich empfunden werden, so wird der Gesichtseindruck zwar immer ein specificirter seyn, d. h. das Lichte, das Schattige und das Farbige, welche insgesammt dem Gegenstande angehören, werden in einem mittlern in allen Theilen des Organes zugleich waltenden Eindrucke empfunden, ohne daß in diesem das Lichte von dem Schattigen, dieses von dem Farbigen, wie in dem äußern Gegenstande geschieden wären. In der Regel ist bei einem das Licht durch Brechung sondernden Sehorgane keine Gelegenheit zu dieser alle räumliche Specification aufhebenden Vermischung gegeben. Mögen wir uns also zum Experimente wenden.

1. Man lasse gelbes Licht durch blaues Glas in das Auge fallen.

2. Man lasse, vermöge des willkührlichen Doppeltsehens, auf die identischen Theile beider Augen verschieden farbiges Licht fallen.

3. Man sehe mit beiden Augen durch verschieden farbige Gläser.

4. Man bringe auf denselben Theil des Auges durch Drehen der Farbenscheibe nach einander verschieden farbiges Licht.

Blau durch gelbes Glas gesehen giebt Grün, Roth durch blaues Glas Violett, Roth durch gelbes Glas Orange.

Durch die geschwungene Farbenscheibe kommt es zu einer gleichen Vermischung der Farben auf denselben Theilen der Netzhaut. Allein verschieden gefärbte Doppelbilder beider Augen, oder verschieden farbige Lichter, auf beide Augen einströmend, gleichen sich nie zu einem mittlern Eindrucke aus.

Also wenn verschieden farbige Lichter auf denselben Theil der Netzhaut des einzelnen Auges fallen, entsteht die Mittelfarbe. Wenn verschieden farbige Lichter auf die identischen Theile der Netzhäute beider Augen einwirken, fallen die Eindrücke zwar an demselben subjectiven Orte zusammen, allein die verschiedenen Farben gleichen nie zu einem mittlern Eindrucke aus, sondern werden immer nur nach einander gesehen. Wir verlassen diesen letztern Unterschied, der schon früher, S. 81, unsere Aufmerksamkeit auf sich gezogen, indem er von unserer gegenwärtigen Untersuchung ausgeschieden werden kann.

Dieses mögen wir uns nochmal vorhalten: wenn es in der Natur Lichtempfindung und Farbenempfindung giebt ohne Sehorgan, wie denn der Apparat des Sehorganes nichts thut zur Farbenempfindung als Energie, so muß diese Licht- und Farbenempfindung auf die angegebene Weise statt finden, so daß es nicht zu einer der Natur des Objectes entsprechenden Farbensonderung kommt. Dahin mögen denn die Anneliden gehören, welchen die sogenannten Augenpuncte ohne besondere Organbildung zukom-

men, und denen zwar die Empfindung begrenzter Bilder, aber die allgemeine Lichtempfindung nicht abzusprechen ist. Die niederen Thiere, welche gegen den Reiz dessen, was wir Licht nennen, in der Energie der Lichtempfindung reagiren, sehen nichts als den Tag, heller bald, bald dunkler, bald im farbigen Scheine nach Maßgabe der vorwaltenden Beleuchtung. Wenn es bei einem solchen im wahren Sinne einfachen Auge zur ersten Unterscheidung des Oertlichen in der Beleuchtung kommen sollte, so müßten die empfindenden Theile so gelagert seyn, daß dasselbe Licht nicht auf alle Theile der flächenhaften Netzhaut einfallen könnte. So etwa, wenn das empfindende Gebilde sich in einer großen ebenen Fläche ausbreitete, würde zwar das aus dem Umfange eines Halbkreises einfallende verschieden farbige Licht alle Theile der Fläche zugleich beleuchten, allein das verschiedene Licht unter verschiedenen Winkeln auf die Fläche auffallend, würde auch in anderen Theilen der Fläche andere Farben mehr zur Entwickelung bringen. Wenn aber die empfindende Fläche kuglich wäre, müßte die specifische Beleuchtung auch dort am intensivsten seyn, wo das Licht in der Richtung des Radius auf die Fläche einfällt, und es könnte die eine Seite der Kugel gar nicht an den Farben der andern Theil nehmen. Dieß wäre die höchste Spitze der Unterscheidung, zu welcher es auf dieser Stufe kommen könnte.

Wenn nun aber das empfindende Gebilde zum vollkommenen Sehorgane werden soll, welches die Unterschiede des Lichtes in den Gegenständen auch auf der Fläche einer Netzhaut objectiv macht, so ist dieß auf zweierlei Art möglich und nothwendig.

1.) Es geschieht einmal durch Refraction vermittelst durchsichtiger das Licht sammelnder Medien, durch Linsen. Das Licht fällt von allen Theilen des Objectes auf alle äußeren Theile des Auges. Derselbe Theil der äußern

Fläche des Auges wird von dem verschiedenen Lichte aller Entfernungen berührt; aber im Durchgange durch die durchsichtigen Theile des Auges sammelt sich das in Hinsicht seines Ausgangspunctes identische Licht, um in bestimmter Entfernung, welche die des empfindenden Gebildes ist, wieder im Puncte vereinigt zu werden. Die Sammelpuncte des identischen Lichtes sind daher auf der Netzhaut in derselben Ordnung wie die Ausgangspuncte desselben in den Objecten. Die Bestimmtheit dieser Sammlung in bestimmter Entfernung vermöge der Refraction bedingt die Reinheit des Bildes. So sind die Augen aller Wirbelthiere, der Cephalopoden und einiger Gastropoden unter den Mollusken, der Spinnen und die sogenannten glatten Augen der Insecten gebildet.

Zwei solcher Augen, wenn ihre Markgebilde nach den Gesetzen der subjectiven Identität gebildet, Zweige eines und desselben Sehorganes sind, haben bei einer gleichen Beleuchtung die Empfindung desselben Objectes in demselben subjectiven Sehfelde. Damit aber die identischen Theile der Augen gleiche Bilder sammeln, um das Doppeltsehen zu vermeiden, ist es nothwendig, daß sie beweglich sind. So bei den Wirbelthieren und den Cephalopoden.

Wenn aber solche Sehorgane nicht beweglich sind, so folgt nothwendig, daß sie nicht identisch seyn dürfen, damit die verschiedenen Bilder beider Augen nicht im subjectiven Raume vereinigt werden. Nichtbewegliche Augen, deren Sehfelder im subjectiven Sehraume getrennt sind, sind zu betrachten wie Theile derselben Netzhaut, von denen jeder seine brechenden Medien hätte.

Ferner aber können Augen dieser Art, deren Sehfelder different sind, wenn auch ruhend, doch nicht convergirend seyn, weil nämlich auch dann von den einfachen beide differente Augen beleuchtenden Objecten Doppelbilder entstehen müßten. Augen mit ganz differenten

Sehfeldern sind also nothwendig unbeweglich und divergirend. Dahin gehören die Augen der Spinnen und die glatten Augen der Insecten, wie ich später aus anatomischen Untersuchungen beweisen werde. Mit der Mehrheit dieser Augen wächst nicht die Intensität des Gesichtes, sondern der Umfang desselben.

2. Bei der ersten Art des Sehorganes wurde die Darstellung des Bildes auf der Netzhaut dadurch möglich, daß das von denselben Puncten gleichartig sich verbreitende Licht gesammelt wurde. Es ist begreiflich, daß auf einer Fläche auch ein Bild entstehen könne, indem dasjenige Licht, welches senkrecht auf die empfindende Fläche einfällt, an dieser Stelle nur allein zugelassen wird, alles andere Licht aber, welches von demselben Puncte ausgeht und unter andern Winkeln in näheren und ferneren Kreisen auf die empfindende Fläche fallen kann, durch irgend ein Organ intercipirt wird. Wenn nun auf dieser Netzhaut von jedem Puncte des Objectes nur das senkrecht einfallende Licht sich darstellt, wie immer dieß bewirkt werden mag, so muß das Bild des Gegenstandes zwar undeutlich aber doch in den natürlichen Verhältnissen der Räumlichkeit verwirklicht werden. Auch wird eingesehen, daß eine solche Netzhaut nicht in gerader Ebene ausgebreitet seyn dürfe, als welche nämlich nur von den wenigsten und kleinsten Gegenständen senkrechte Lichtstrahlen aufnehmen könnte, daß die empfindende Fläche eines Sehorganes dieser zweiten Art nothwendig kuglich seyn müsse, so daß die Radien der Kugel auch denjenigen Theilen der äußeren Gegenstände entsprechen, welche in der Richtung jener Radien liegen. Die Menge des auf diese Weise von allen Seiten senkrecht einfallenden Lichtes wird zwar sehr gering seyn; aber ein für das Licht empfindliches Organ wird auch diese geringen Unterschiede in der Form des Bildes wahrnehmen, wie denn auch in den Augen

der ersten Art bei der kleinsten punctförmigen Pupille das einfallende Licht noch hinreicht, Bilder zu wirken, wenn nur die Sonderung des verschiedenartigen Lichtes bestimmt ist. Die Deutlichkeit des Bildes würde bei einem solchen Auge steigen, je bestimmter und genauer alles außer den senkrechten Lichtstrahlen auffallende Licht von der Netzhaut ausgeschlossen würde. Es käme nur auf ein Organ an, welches, vor der kuglichen Netzhaut gelegen, diese Sonderung genau bewirken könnte.

Diese Art des Sehorganes ist so einfach und in den Bewegungsgesetzen des Lichtes so gegründet, daß man auf ihre Verwirklichung in der Natur schließen muß. Haben wir einmal das Wesentliche in der Organbildung bemerkt, so wird es uns leicht, alle möglichen zufälligen Veränderungen desselben uns vor Augen zu halten, wie sie durch den besondern Standpunct einer thierischen Organisation gefordert seyn können. Und wie veränderlich das Organ dem Gedanken ist, so veränderlich hat es die Natur gebildet. Das Athemorgan des Thieres ist in der Fläche verwirklicht. Die Fläche wird aber im kleinen Raume sowohl durch die Sackbildung als durch die Ast- und Kammbildung vermehrt. Damit das respirable Medium in der größten Fläche das Organ berühre, ist dieses bald Lungensack nach innen, bald Kiemenblatt nach außen. Der Lungensack entwickelt sich zur zelligen Lunge nur durch die Wiederhohlung desselben Fortganges. Und wie logisch mannigfaltig sich eine nach außen entwickelnde Fläche denken läßt, so mannigfaltige Formen ästiger, kammförmiger, ästig-kammförmiger, blätteriger, gefiederter, traubenförmiger, büschelförmiger Kiemen hat die Natur in den Athemorganen der Fische, Amphibien, Mollusken, Radiarien, Würmer bis zum Verschwinden des Organes in der Hautfläche, woraus es entstanden, der Mannigfaltigkeit des Gedankens gleich, verwirklicht.

Ich kannte die zweite mögliche Art des Sehorganes aus dem Verfolge der gegenwärtigen Betrachtung, ehe ich dieselbe auch als wirklich in der Natur gefunden. Aus jener allgemeinen Untersuchung ergiebt sich, daß wenn die letztere Art des Sehorganes zu Stande kommen soll, einmal das Gebilde überhaupt und insbesondere die Netzhaut kuglich seyn müsse, daß der Durchgang des in den Radien der Kugel einfallenden Lichtes zur kuglichen Netzhaut durch ein durchsichtiges Medium gestattet seyn müsse, daß eben dasselbe Medium, den Radien entsprechend, zugleich so in sich geordnet seyn müsse, daß das außer den Radien in schiefen Winkeln auffallende Licht von den undurchsichtigen Wänden der gesonderten Theile intercipirt werde.

Mit diesen Forderungen ging ich an die Untersuchung der Insectenaugen und fand wirklich jene bei einem nicht durch Refraction sehenden Auge nothwendigen Organe, die in allen bisherigen anatomischen Untersuchungen über das Auge der Insecten fast durchgängig übersehen worden sind. Nicht leicht kann die allgemeine Betrachtung und die Beobachtung sich schöner entsprechen. Die Beobachtung ist aber nicht wie das Experiment der allgemeinen Betrachtung gefällig, sondern sie bestätigt oder verwirft sie ohne Leidenschaft.

Wir wollen uns aber hüten, hier schon etwas von unseren Beobachtungen mitzutheilen, wie voreilig wir auch dazu Lust haben, vielmehr in unsern Betrachtungen noch einige Schritte weiter gehen.

Wie denn? Muß nicht ein solches Sehorgan der zweiten Art, wenn es in der Duplicität angelegt ist, unbeweglich seyn, und müssen diese beiden Augen nicht auch nothwendig divergiren? Gewiß; denn daß die Netzhäute nur das ihren Radien entsprechende von verschiedenen Gegenständen der äußern Gesichtswelt einfallende Licht empfinden, ist es nothwendig, daß die beiden kuglichen Augen

auch Abschnitte einer und derselben Kugel bilden. Auch ist es nothwendig, daß diese Abschnitte unbeweglich sind, damit nie Radien der beiden Augen convergiren, wodurch die im Convergenzpuncte jener Radien gelegenen Lichtpuncte der Gegenstände nothwendig doppelt erscheinen müßten. Also auch hier wieder sind die Netzhäute beider Augen nicht identisch, vielmehr ganz different; die von ihnen gesehenen Objecte sind nicht in einander an demselben subjectiven Orte, sondern die Gesichtsfelder beider Augen sind neben einander im subjectiven Sehraume. Sind also die Sehorgane des Menschen eins durch die Identität der Sehfelder, so sind die Augen dieser Art nur räumlich verschiedene Theile eines und desselben Organes.

Solche divergirende Augen sehen in allen Entfernungen, trotz der Unbeweglichkeit, einfach, weil jeder Theil der Netzhaut in dem einen und andern Auge einem bestimmten Theile der äußern Gesichtswelt entspricht. Durch den Zwischenraum der Augen entsteht aber natürlich keine Lücke im gemeinsamen Gesichtsfelde; denn die Sehfelder beider Augen schließen sich angrenzend aneinander, in wiefern die Sehnerven bei jenen Thieren, bei welchen ein großer Theil der Hirnmasse aus den Sehhügeln besteht, im Gehirne vereinigt werden.

Mögen wir uns bei dem Schlusse dieser allgemeinen Betrachtungen nochmals das Resultat vorhalten: daß, wenn die Augen beweglich seyn sollen, das Organ nothwendig der ersten Art seyn müsse, wenn aber unbeweglich, daß die Augen der ersten Art divergirend sind, oder daß die zweite Art des Sehens eintrete mit divergirenden Augen, welche das gleichartige Licht nicht durch Sammlung von dem übrigen sondern, vielmehr nur das in der Richtung ihrer Radien einströmende Licht zulassen.

2. Von den Augen der Arachniden, und Scorpioniden und von den glatten Augen der Insecten.

Mygale avicularia.

Die Augen der Mygale avicularia sind von Detm. Wilh. Sömmering *) und Gaede **) untersucht worden.

Nach Sömmering ist die durchsichtige Cornea der Vogelspinne rund, ziemlich convex, von harter Textur und eine unmittelbare Fortsetzung der äußeren Bedeckungen. Unmittelbar hinter der Cornea liegt die gelbliche, härtliche, fast kuglige Linse. Die Convexität derselben scheint auf beiden Seiten gleich. Ihre hintere Fläche liegt dicht auf einem weichen weißlichen sphärischen Körper, dessen vordere Fläche der Convexität der Hornhaut entspricht. Sömmering hält diesen Körper für die Retina, die Fortsetzung des Sehnerven. Er ist aber nach meinen Untersuchungen der Spinnenaugen von der Netzhaut ganz verschieden, und wahrer Glaskörper. Sömmering beschreibt in der That auch selbst eine dünne Membran, welche die hintere convexe Fläche des weißlichen Körpers überkleiden soll. Der conische Sehnerve liegt mit seiner breiten concav ausgeschnittenen Basis an dieser letztern Membran; seine Achse ist auch die Achse des Auges. Die fibröse Structur des Sehnerven verliert sich in der Nähe des Auges, aber der Kegel der erstern schien dort von schwärzlichen Längenstreifen durchzogen. Das sehr dicke

*) De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali, Götting. 1818.

**) Act. Ac. C. L. N. C. T. XI. p. II. p. 338.

schwarze Pigment umgiebt diejenige Membran, welche den weißlichen Körper umschließt, allseitig, außer derjenigen Stelle, wo die Basis des Sehnerven mit der Membran des weißlichen Körpers unmittelbar in Verbindung steht. Es reicht nach vorn bis an die Peripherie der Linse und an den Rand der Hornhaut.

Mit diesen Beobachtungen stimmen die Bemerkungen von Gaede im Wesentlichen überein. Gaede sah keine Spur von Facetten der Cornea, spricht aber von einem kuglichen Körper. Aus der Angabe, daß dieser von dem Pigmente an seinem vordern Theile wie von einer Iris bedeckt sey, läßt sich abnehmen, daß Gaede nur den weißen Körper des Sömmering (Glaskörper), nicht aber die Linse selbst gesehen hat, um so mehr, da er die Farbe des kuglichen Körpers als weiß angiebt, und die Linse bei der Untersuchung der Spinnenaugen immer mit der Cornea verbunden bleibt. Die kuglichen Körper der mittleren Augen waren sphärisch, die der sechs anderen, seitlich in zwei Dreiecken gestellten Augen, ellipsoidisch. Auch giebt Gaede den Unterschied beider Arten der Augen an, daß die elliptischen äußerlich gleichartig gelb, die sphärischen dunkelgelb, aber mit einem schwarzen äußern und einem helgelben innern Rande umzogen sind.

Scorpio Tunensis, S. Aegyptiacus.

Taf. VII. Fig. 8. 9. 10.

Ich habe die zwei größeren auf der Mitte der obern Fläche des Kopf-Brustschildes gelegenen Augen bei mehreren Exemplaren des Tunesischen und Aegyptischen Scorpions untersucht. Ich fand in allen dieselbe Structur, nämlich eine Cornea, keine kugliche Linse, einen Glaskörper mit vorderer converer Fläche, eine häutige auf der Basis des Sehnervenkegels aufsitzende Netzhaut.

Diese Augen liegen dicht nebeneinander, durch einen kurzen kammartigen Vorsprung der äußeren Bedeckungen getrennt, so zwar, daß ihre Achsen unter einem ansehnlichen Winkel auseinander weichen, und die Augen also nicht in derselben Fläche liegen. Die Cornea wird von den äußeren Bedeckungen gebildet, indem diese sich allmählig zu einem converen Hügel, durchsichtig werdend, erheben; sie scheint von einem dunkeln Rande umzogen, der aber weniger von der Dunkelheit der äußeren Bedeckungen als von dem unterliegenden Pigmentgürtel gebildet wird. Die innere Fläche der Cornea ist mehr concav, als die äußere conver, so daß diese, wo sie aus den äußeren Bedeckungen entsteht, in ihrer Peripherie viel dicker als in ihrem mittlern Theile ist. Die Höhlung der Cornea ist nicht ganz rund, sondern geht ausgeschweift in die innere Fläche der äußeren Bedeckungen über. Taf. VII. Fig. 8. a.

Nimmt man die Hornhaut mit den äußeren Bedeckungen von den inneren Theilen des Auges behutsam weg, so bleibt die Linse immer in der Höhlung der Cornea festsitzen. Dieß ist wahrscheinlich der Grund, warum Gaede die Linse in den Augen der *Mygale avicularia* nicht bemerkt hat. Die Linse des Africanischen Scorpions ist durchaus kuglich, sehr hart und zähe, und auch bei in Weingeist aufbewahrten Exemplaren durchsichtig, aber von gelblicher Farbe. Nur mit dem vordern mittlern Theile liegt die Linse dicht an der innern Fläche der Cornea an; an der Peripherie derselben bleibt zwischen der Linse und der ausgeschweiften Hornhaut ein dreieckiger Zwischenraum, der nur an dem Rande der Cornea von dem schwarzblauen Pigmente etwas geschmälert wird. Fig. 8. c.. Unmittelbar hinter der Linse liegt der Glaskörper mit vorderer converer Fläche, von der genannten Pigmentlage in Form eines Gürtels auf seiner vordern Fläche umrandet. Hat man die Cornea mit der Linse weggenommen, so erscheinen die inneren Theile

des Auges ganz unversehrt. Das Pigment der Choriodea gehört beiden Augen zugleich an, es umgiebt die inneren Theile des Auges mützenförmig, und bildet von dem Zwischenraume der beiden Augen aus, vorn und hinten einen spitzigen Fortsatz. Fig. 9. a. Aber nur die Choriodea ist die gemeinschaftliche Hülle der inneren Theile beider Augen, und letztere sind ganz für sich getrennt. Die Choriodea mit ihrem schwarzblauen Pigmente schlägt sich über den Rand des Glaskörpers auf die vordere Fläche hin, und bildet dort, dicht auf derselben anliegend, den genannten Pigmentgürtel, dessen Pupille größer ist als der Durchmesser der kugligen Linse, und etwa $^3/_5$ des Durchmessers des Glaskörpers beträgt. Fig. 8. c. Fig. 9. b. Den Glaskörper fand ich bei den in Weingeist aufbewahrten Exemplaren von körniger halbweicher Consistenz, undurchsichtig und weißlich. Er ist vorn und hinten convex. Die Linse ist daher nicht, wie Sömmering von der Aranea avicularia abgebildet hat, in die vordere Fläche des Glaskörpers eingedrückt, sondern die hintere Convexität der Linse berührt die vordere Convexität des Glaskörpers ohne gegenseitigen Abbruch. Der Breitendurchmesser des Glaskörpers ist ohngefähr dreimal so groß als der Durchmesser der Linse. Die Längenachse des Glaskörpers verhält sich zum Breitendurchmesser desselben ohngefähr wie 1 : 2. die hintere Convexität desselben ist wenig erhobener als die vordere. Wenn die vordere Fläche des Glaskörpers nach Wegnahme der Cornea und der Linse concav erscheint, so rührt dieß von dem Pigmentgürtel der Choriodea her; aber die hintere Convexität der Linse paßt nicht einmal in diesen scheinbaren Ausschnitt, und es ist also wenigstens bei den in Weingeist aufbewahrten Exemplaren ein kanalförmiger hohliger Raum zwischen der Cornea, der Linse, dem Glaskörper und dem Pigmentgürtel. Fig. 8.

Die hintere Fläche des Glaskörpers liegt dicht an

der Retina (Fig. 8. e.) an, die an dem Rande des Glaskörpers beginnend, in ihrer Ausbreitung gleichförmig membranös, nur in dem mittlern hintern Theile kuglig sich nach hinten erhebt, um in den Sehnerven überzugehen. Der Kegel des Sehnerven, die äußere Fläche der Netzhaut, der Rand des Glaskörpers von vorne, die innere Fläche der äußeren Bedeckungen, wo sie in die Cornea übergehen, werden von einer continuirlichen Ausbreitung bläulichschwarzen Pigmentes umhüllt. Dasselbe verliert sich ausgeschweift unter den äußeren Bedeckungen und an dem Kegel des Sehnerven in eine grauliche breiige Masse. Letztere muß man von dem Kegel des Sehnerven behutsam trennen, um diesen deutlich gesondert darzustellen.

Die Sehnerven entspringen einzeln aus den vorderen und kleineren Lappen des Gehirns, welche auch die Nerven der großen Zangenglieder und der Mundtheile, so wie die Sehnerven der übrigen kleineren Augen abgeben. Unterschieden von allen anderen Nerven des Gehirns, entstehen die Sehnerven der zwei größeren Augen allein aus der obern Fläche des Gehirns, steigen sofort ganz senkrecht auf, von zwei Bändern begleitet, welche vor dem Gehirne von der untern Wand des Skeletes entspringen, durchdringen in diesem senkrechten Verlaufe nach oben den gelappten Fettkörper der Brust, und lassen zwischen sich den sehr dünnen Oesophagus durchgehen, der innerhalb des Fettkörpers über dem Gehirne verläuft, und vor dem Gehirne abwärts, zu den Mundtheilen sich senkend, in den blasigen Schlund auf einmal anschwillt. Die Sehnerven sind an ihrem Ursprunge etwas dicker, in ihrem Verlaufe fadenartig, und gehen endlich innerhalb der schon erwähnten Hüllen in den kegelförmigen Theil über, von welchem die Membran der Netzhaut becherförmig entspringt.

Taf. VII. Fig. 8.

Ansicht aller Theile des Auges vom Scorpione in einem senkrechten Durchschnitte.

Die vorderen Theile, Cornea und Linse waren zuerst besonders untersucht worden, die hinteren Theile sind nach der microscopischen Ansicht eines wohlgelungenen senkrechten Durchschnittes dargestellt.

a. Die Cornea.
b. Die Linse.
c. Das Pigment.
d. Der linsenhafte Glaskörper.
e. Die becherförmige Netzhaut.
f. Der Sehnerve.

Fig. 9.

Ansicht der inneren Theile der durch das Pigment verbundenen Augen von oben.

a. Das Pigment.
b. Der an seinem Saume von dem Pigmente bedeckte, in der Mitte zu Tage liegende Glaskörper
c. Die Sehnerven.

Die Scorpione haben außer den größeren Augen auf der Mitte des Kopf-Brustschildes an dem vordern Rande des Kopfes auch kleinere Augen, die in ihrem Aeußern den glatten einfachen Augen der Insecten gleich sehen. Die meisten Arten der Scorpione haben nur 6 dieser kleineren Rand-Augen. Aber ich habe bei *Scorpio teter* (des entomolog. Mus. zu Berlin) vom Cap der guten Hoffnung auf jeder Seite 5 kleinere Augen gesehen, so daß diesem also 10 kleinere und zwei größere Augen zukommen. Dasselbe fand ich bei genauerer Untersuchung bei *Scorpio Occitanus*. Von diesen 10 Augen sind aber auf jeder Seite die beiden äußersten wieder um Vieles kleiner als die mittleren. Die Lage derselben ist diese:

Ich habe auch die kleinen Randaugen des Afrikanischen Scorpions genauer untersucht. Die convexe Cornea ist deutlich, aber ich habe mich nicht überzeugen können, ob Linse und Glaskörper vorhanden sind. Die Analogie spricht dafür. Denn auch die glatten einfachen Augen der Insecten, haben nach meinen microscopischen Untersuchungen, nicht anders wie die größeren Augen der Scorpione, Linse und Glaskörper. Die kleinen Randaugen des Scorpions sind übrigens in ihrer Längenachse verhältnißmäßig viel länger als die größeren Augen; bei diesen ist der Breitendurchmesser, bei jenen der Längendurchmesser größer. Das blaue Pigment umgiebt das Auge und einen Theil des Sehnerven mützenförmig. Es vereinigt nicht die einzelnen Augen, wie es bei den größeren Augen der Fall war; die ersteren sind vielmehr durch eine breiige grauliche Substanz mit einander verbunden. Was mir besonders merkwürdig scheint, ist, daß die Sehnerven jeder Seite, sich zu einem gemeinsamen Stamme vereinigend, unter spitzen Winkeln an einer Stelle zusammentreten. Darin stimmen die kleinen Augen des Scorpions mit den einfachen Augen der Raupen überein.

Taf. VII. Fig. 10.

Die kleinen Randaugen des Scorpions der einen Seite. Die Cornea ist mit den äußeren Bedeckungen weggenommen.

a. Die kegelförmigen Augen, mit dem Pigmente umhüllt.

b. Die breiige grauliche Substanz, welche die kleinen Augen verbindet.

c. Die Sehnerven der einzelnen Augen.

d. Das Stämmchen der Sehnerven.

Letztlich bemerke ich noch, daß die Angaben von Mar-

cel de Serres *) über die Augen des Scorpions ganz irrig und unvollständig sind.

Solpuga Aegyptiaca.

Taf. VII. Fig. 11.

Durch die Güte des Herrn Geheimen Rathes Klug in Berlin hatte ich Gelegenheit, die Augen der großen Aegyptischen *Solpuga* an mehreren Exemplaren zu untersuchen. Ich fand, von der Angabe des Systems abweichend, nicht zwei, sondern sechs Augen.

An der Mitte ihres vordern Randes, zwischen den ungeheuren Kinnbacken trägt das Kopf-Brustschild auf einer Erhöhung zwei große und zwei kleinere Augen. Die großen, mit ihren Achsen unter einem Winkel von 90 Graden von einander divergirend, lassen einen sehr kleinen Zwischenraum zwischen sich, von dem sich zwei kurze dünne Stielchen erheben, welche die kleineren Augen tragen.

Taf. VII. Fig. 11.

Der Fortsatz des Kopf-Brustschildes, welcher die Augen trägt.

a. Die größeren,

b. Die kleineren gestielten Augen.

Außerdem liegt auf jeder Seite hinter den Kinnbacken, unter einem Vorsprunge des Kopf-Brustschildes, über dem Ursprunge des ersten und zweiten Fußpaares ein elliptisches, kleineres Auge, dessen größerer Breiten-

---

*) Memoire sur les yeux composés et les yeux lisses des insectes. Montpellier, 1813.

durchmesser von vorn nach hinten ist. Diese beiden Augen sind größer als die mittleren kleinen, aber kleiner als die mittleren großen.

Ich habe bei wiederholter Untersuchung der großen Augen der *Solpuga Aegyptiaca* durchaus dieselbe Bildung wie bei den Scorpionen ermittelt. Nur ist die Cornea hier noch viel mehr convex und scharf umschrieben. Fig. 11. Die Linse ist auch kugelrund und gelblich und bleibt in der Höhlung der Cornea liegen, wenn diese ausgeschnitten wird.

Alle Theile an diesen Augen waren so groß und deutlich, daß ich einen Ausschnitt des Vorsprunges der Bedeckungen, welcher die Augen trägt, mit den Linsen auf einem Stielchen in einem mit Weingeist gefüllten Glase aufstellen konnte, wodurch man ohne Lupe und Microscop mit freiem Auge sich von der Bildung der Linse überzeugen kann. Auf einem andern Stifte konnte der Glaskörper mit der Choriodea aufgestellt werden. Diese kleinen Präparate sind im anatomischen Museum in Berlin aufbewahrt.

Auf diese Weise haben wir die Existenz der brechenden Mittel, der Linse und des Glaskörpers bei den Lungen- und Tracheenspinnen erwiesen.

Die Gattung *Chelifer* hat auch auf der Mitte der Brust zwei einfache Augen, aber weit von einander getrennt *).

Dagegen liegen die beiden Augen bei den Phalangien wieder neben einander auf der Mitte der Brustdecke in zwei hornartigen Halbkugeln, die, einen Vorsprung bildend, unter einem großen Winkel von einander in ihren Achsen divergiren.

---

*) Treviranus, vermischte Schriften. B. I. Tab. II. fig. 8. o.

Die Halbkugeln sind von hornartigen Spitzen umgeben *). Außerdem sind noch zwei kleinere Seitenaugen vorhanden **).

Milben.

Unter den Milben habe ich nur die Augen von Trombidium holosericum selbst untersucht. Sie sind einfach, wie die Augen der Arachniden überhaupt, und liegen zwischen den zwei vorderen Fußpaaren. Bei einigen Trombidien sind die Augen gestielt, wie schon Herrmann angiebt und Treviranus ***) bestätigt. Die Milben haben immer weniger einfache Auge als die Spinnen, in der Regel nur 2. *Elais extendens* unter den Hydrachnen hat 4 einfache Augen.

Bei dem Häuten der Arachniden geht die Cornea oder ein Blatt derselben mit weg, wie ich mich mehrmal bei der Untersuchung der Exuvien überzeugt habe.

Entomostraceen.

Unter den Entomostraceen hat Limulus Polyphemus außer den zusammengesetzten Augen zwei einfache. Ein solches drittes Auge hat Treviranus auch bei Cypris zwischen den Fühlhörnern gesehen. Der Gattung Apus werden 3 einfache Augen zugeschrieben; die beiden seitlichen größer, genähert, halbmondförmig, das dritte hintere sehr klein eiförmig; wahrscheinlich sind jedoch die halbmondförmigen größeren Augen zusammengesetzt.

---

*) Treviranus a. a. O. Tab. II. Fig. 10. o, o.

**) Ebend. Tab. II. Fig. 10. r. r.

***) Ebend. Tab. V. Fig. 31. Tab. VI. Fig. 33. 34. o, o.

Oniscoiden.

Bei den Asseln besteht jedes Auge nach den Untersuchungen von Treviranus *) aus 20 kleinen einfachen Hornhäuten, die nicht so gedrängt zusammenstehen, daß sie eine netzförmige Cornea, wie bei den geflügelten Insecten, bilden, aber auch nicht so zerstreut wie bei den Arachniden sind. In den Zwischenräumen befinden sich hin und wieder noch einige kleinere durchsichtige Halbkugeln. Der Sehnerve theilt sich in einzelne Fäden für die einzelnen Halbkugeln. Daß diese scheinbar zusammengesetzten Augen wirklich Aggregate von einfachen Augen sind, wird durch eine Beobachtung von Cavolini **) bestätigt. Bei Oniscus oceanicus L. liegt auf der innern Fläche der Hornhaut eine große Menge von festen crystallartigen kleinen Kugeln, wovon jede an einer kleinen Facette der Hornhaut befestigt ist. Hier wiederhohlen sich also die runden Linsen der einzelnen einfachen Augen.

Andere Oniscoiden haben in der That auch nur einzelne einfache Augen, wie Typhis, Eypheus; Cyamus hat einfache Augen neben zusammengesetzten, wenn die letzteren nicht auch vielmehr aus einzelnen einfachen Augen bestehen. Auch die

Polypoden.

haben nach Treviranus einfache Augen, wie die Asseln. Er sah bei den Scolopendern außer den bekannten Augen ***) noch ein größeres auf jeder Seite, welches länglich und auf der einen Seite breiter war. Aber auch dieses ist einfach †).

---

*) Ebend. B. I. S. 54, 64. Tab. IX. Fig. 54.

**) Von der Erzeugung der Fische und Krabben, aus dem Ital. mit Bemerk. v. Zimmermann, Berlin, 1792.

***) a. a. O. B. II. Tab. IV. Fig. 6. o. o. Tab. VII. Fig. 1. P.

†) Ebend. Tab. VII. Fig. 1. o.

Bei der Gattung Iulus liegen die halbmondförmigen Augen hinter den Fühlhörnern, und bestehen aus 50—60 einfachen Augen *). Marcel de Serres nennt die Augen von Oniscus, Scolopendra, Iulus mit Unrecht facettirt.

Insecten mit einfachen Augen.

Die folgende Tabelle giebt von dem Vorkommen der einfachen Augen unter den Insecten Rechenschaft.

Aptera. 1. ohne Metamorphose, haben

a. nur einfache Augen. Dahin gehören aus der Familie der Springschwänze oder Thysanuren die Poduren mit doppeltkörnigen Augen, und ferner die Familie der Parasiten, mit 2—4 einfachen Augen.

b. einfache neben zusammengesetzten Augen. Lepisma mit 3 einfachen Augen. Die zusammengesetzten sind klein, und bestehen aus einer kleinen Zahl Körnchen, vielleicht nur ein Aggregat einfacher Augen. Die verwandte Gattung Machilis hat sehr große zusammengesetzte, fast zusammenhängende Augen, mit einfachen?

2. mit Metamorphose. Suctoria.
Die Larve des Flohes mit einfachen

*) Ebend. Tab. VIII. Fig. 1. o.

Augen nach Rösel, augenlos nach Latreille*).

Coleoptera. Die ausgebildeten Insecten, sämmtlich ohne einfache Augen.

Die Larven der Raubkäfer haben 2 einfache Augen, wie die Cicindelen und Aristen. Nur die Larven der Wasserkäfer Dytiscus haben 12 einfache Augen, 6 auf jeder Seite.

Die Larven der Micropteren, welche den vollkommenen Käfern sehr ähnlich sind, haben wahrscheinlich zusammengesetzte Augen. Die Larven der übrigen Käfer sind, so viel mir bekannt ist, augenlos.

Orthoptera. (mit unvollkommener Metamorphose) mit 2—3 einfachen Augen neben den zusammengesetzten, mit Ausnahme der Forficula.

Den Larven (ohne Flügel) fehlen die einfachen Augen, oder diese sind sehr undeutlich.

Hemiptera. (mit unvollkommener Metamorphose) mit einfachen und zusammengesetzten Augen. Die 3 glatten einfachen Augen der Cicade sind bei der Larve durch kleine weiße Flecke angezeigt, zu einer Zeit, wo die Facetten der großen Augen noch nicht ausgebildet sind.

---

*) Rudolphi, Physiologie, B. II. S. 188.

Neuroptera. mit einfachen Augen neben den zusammengesetzten, außer Hemerobius und Myrmeleon; aber Hemerobius maculatus, Osmylus maculatus Latr. hat 3 glatte Augen.

1. Larven mit zusammengesetzten Augen ohne einfache. Die im Wasser lebenden Larven der Raubinsecten mit halber Metamorphose, der Libellulinen und Ephemeren.

2. Larven mit 2 einfachen Augen ohne zusammengesetzte. Die übrigen Neuroptera (?).
Die Larven der Termiten sind blind.

Hymenoptera. mit 3 einfachen Augen neben den zusammengesetzten; doch hat die Mutilla sibirica mas nur ein drittes einfaches Auge, das Weibchen nur zusammengesetzte Augen.
Die Larven sind meist blind.
Die Bienenlarven haben 2 einfache Augen.

Lepidoptera. mit zusammengesetzten Augen.
Nur die Abend- und Nachtschmetterlinge haben (vielleicht alle) 2 einfache Augen, welche aber unter den Schüppchen verborgen sind.
Die Larven mit 6 — 8 einfachen Augen.

Riphiptera. mit zusammengesetzten körnigen Augen, ohne einfache.

Diptera. mit zusammengesetzten, selten zugleich mit einfachen Augen, wie die Schwammfresser, die Haarmücken. Die Larven meist blind; einige mit schaligem Kopfe haben Augen, namentlich die im Wasser lebenden. Die Augen der im Wasser lebenden Larven von Culex pipiens sind sehr groß, ob facettirt? Kleiner sind die Augen der Larve von Stratiomys, und diese wahrscheinlich einfach.

Die Zahl der glatten Augen bei den entwickelten Insecten wo sie vorkommen, ist gewöhnlich 3. Doch irrt Marcel de Serres, wenn er angiebt, Acheta und Blatta seyen die einzigen, welche nur 2 einfache Augen haben. Bei Membracis, wo Marcel de Serres 3 angiebt, bei Flata, Tetyra, Pentatoma, Coreus, Nabis konnte ich nur zwei auffinden.

Die Größe der glatten Augen ist bei den Insecten sehr verschieden, selbst bei verschiedenen Arten derselben Gattung. Bei kleinen Arten der Gryllen sind die einfachen Augen oft außerordentlich groß, und umgekehrt habe ich unter den Gryllen keine kleineren einfachen Augen gesehen, als bei der gigantischen Art Gryllus mola Klug (ohne Flügeldecken und Flügel, mit Schenkelblättern).

Die glatten Augen der Insecten sind nach meinen sehr zahlreichen Beobachtungen immer convex, mehrentheils rund, selten elliptisch, und, wenn dieß der Fall ist, das mittlere. Marcel de Serres spricht von glatten Augen mit concaver Hornhaut, und bemerkt anderswo flüchtig, daß das mittlere einfache Auge zuweilen ausgehöhlt sey, giebt aber die Arten nicht an, bei welchen diese Bildung vorkommen soll. Ich habe nie etwas Aehnliches bemerken können und glaube nicht an die Richtigkeit dieser Beob-

achtung. Die Lage der einfachen Augen ist gewöhnlich auf der Höhe des Kopfes, bald in einer Reihe, bald in einem Dreiecke.

Die Angaben von Marcel de Serres über den Bau der einfachen Augen sind sehr unvollständig und mangelhaft. Er sagt, daß in den glatten Augen der innere Ueberzug der Cornea in seiner Farbe vielfach wechsele, daß er schwarz bei den Hymenopteren, weiß bei den Orthopteren, bei den Raupen schwarz, gelb, roth, zuweilen grün sei. Aber es bleibt zweifelhaft, ob M. de Serres diese Pigmente der Augen selbst innerlich untersucht hat, oder nur von dem äußern Scheine urtheilte. Wenn er den optischen Vorzug einer dicken Cornea erhebt, so wirft er wahrscheinlich die Cornea mit der Linse zusammen, welche letztere nach meinen Untersuchungen auch den glatten Augen der Insecten zukommt. Der Ueberzug der Cornea des Marcel de Serres kann nur derjenige Theil des Pigmentes seyn, der, zwischen dem Glaskörper und der Linse gelegen, als Pigmentgürtel den Rand des Glaskörpers umgiebt, oder aus der Tiefe des Auges durchscheint.

Die optischen Nerven der glatten Augen kommen nach M. de Serres gerade vom Gehirne, wenn die Augen weit von einander gelegen sind; wenn diese aber einander genähert sind, wie bei den Raupen*), dann sind die Sehnerven nur Aeste eines gemeinschaftlichen Nerven, so wie bei den Randaugen der Scorpioniden.

Bei den Raupen verbindet eine besondere Membran die 6 Zweige des Sehnerven für 6 einfache Augen bis an die Stelle, wo sie in den gemeinschaftlichen Sehnerven übergehen. Wenn diese Angabe richtig ist, so unterscheiden sich die glatten Augen der Insectenlarven von den Randaugen

*) *Lyonet*, traité sur la chenille, qui ronge le bois de saule Tab 18. b.

der Scorpioniden wenigstens darin, daß die einzelnen Sehnerven nicht, wie bei den letzteren, zu zwei seitlichen Stämmen vereinigt werden*).

Die 16. Figur der VII. Tafel stellt die glatten Augen und die einzelnen Sehnerven von einer Raupe in ihrer Verbindung dar. Diese Abbildung ist aus dem Werke von Marcel de Serres entnommen.

a. Der gemeinschaftliche Sehnerve.
b. Die einzelnen Sehnerven der einzelnen Augen.
c. Die einfachen Augen.
d. Die gemeinschaftliche Chorioidea.

Marcel de Serres beschreibt auch noch eine hinter dem *Nervus opticus* liegende Chorioidea, die breiter als die Cornea ist und ihre Farbe, bald roth, bald schwarz, bald weiß, bei den verschiedenen Arten verändert.

Diese Angaben geben keine befriedigende Einsicht in den Bau der einfachen Augen bei den Insecten; und gleichwohl ist M. de Serres der Einzige, welcher diese untersucht hat. Nach meinen wiederholten Untersuchungen an größeren Thieren muß ich den glatten Augen der Insecten dieselbe innere Bildung wie den Augen der Spinnen und Scorpione zuschreiben. Sie haben Linse, Glaskörper und äußere Chorioidea. Ist die äußere Form des Auges elliptisch, so sind die inneren Theile ellipsoidisch. Bei der Aegyptischen Mantis ist die Linse des mittleren elliptischen Auges länglich; in den seitlichen rundlichen Augen desselben Thieres sind auch die Linsen durchaus kuglig. Die Farbe der Linse ist bei den in Weingeist aufbewahrten Exemplaren gelblich, wie bei den Scorpioniden. Sonst ist die Linse zwar härtlich, aber ganz durchsichtig. Immer ist die Linse

*) Serres spricht diese Verbindung den Scorpioniden ab; allein er kann nur die großen einfachen Augen derselben, die er allein nur kannte, gemeint haben.

etwas kleiner als der Umfang der Cornea, sie bleibt auch gewöhnlich bei der Wegnahme der Cornea in der Höhlung der letzteren festsitzen. Bei Gryllus hieroglyphicus, wovon ich durch die Güte des Herrn Geheimen Rathes Klug mehrere Exemplare untersuchen konnte, war die Linse aber leicht von der Cornea zu trennen.

Das Pigment der Cornea, von dem Marcel de Serres spricht, habe ich nirgends auffinden können. Entweder ist es die Linse selbst oder das Pigment der Chorioidea, wo es den Pigmentgürtel am Rande des Glaskörpers bildet, was M. de Serres so nannte, oder er hat die Farbe des Pigmentes bloß nach dem äußern Scheine beurtheilt, der allerdings täuschet.

Die einfachen Augen der Insecten haben auch ihren Glaskörper, und dieser ist ebensowenig an seiner vordern Fläche ausgehöhlt als in den Augen der Scorpione. Die Chorioidea, welche die inneren Theile des Auges, wie bei den Spinnen, überzieht, hat gewöhnlich die Farbe des ersten Pigmentes in den zusammengesetzten Augen.

Die Sehnerven der einfachen Augen bei den entwickelten Insecten vereinigen sich nicht, aber sie kommen doch fast an einer Stelle in dem Gehirne zusammen.

---

3. Vom Sehen der Arachniden, Scorpioniden und Insecten mit glatten Augen.

Aus den bisherigen Untersuchungen hat sich ergeben, daß die einfachen Augen der Spinnen, Scorpione und Insecten am meisten in ihrer Structur mit den Augen der Fische übereinkommen. Die runde Crystallinse, die, von dem Glaskörper getrennt, der Hornhaut genähert ist,

ist auf beiden Seiten gleich. Allein bei den einfachen Augen der Gliederthiere fehlt die vordere Augenkammer ganz, und die Iris, welche bei den Fischen mit ihrem innern Rande die Linse umfängt, liegt als Pigmentgürtel bei den Gliederthieren nur saumförmig am Rande der vordern Fläche des Glaskörpers; überdieß ist die Linse nicht in den Glaskörper eingesenkt, und berührt vielmehr nur die vordere convexe Fläche desselben oberflächlich. Wahrscheinlich ist der Raum zwischen der Linse, der Cornea und der vordern Fläche des Glaskörpers im lebenden Zustande von einer eigenen Flüssigkeit ausgefüllt. Wie dem auch sei, die Refraction muß in den einfachen Augen der Gliederthiere sehr bedeutend seyn. Denn wenn auch die kuglige Linse fast von gleicher Dichtigkeit mit den äußeren Bedeckungen und der Cornea seyn möchte, das Licht also wenig mehr von der vordern Fläche der Linse gebrochen werden kann, als durch die Convexität der Hornhaut schon gesehen ist, so wird doch von der hintern runden Fläche der Linse, in Beziehung auf das diese umgebende dünnere Medium, das Licht abermals sehr stark gebrochen. Die Brechung muß immer um vieles stärker als bei den Fischen seyn, bei welchen die Brechkraft der convexen Medien des Auges durch die dichtere Umgebung des Wassers vermindert seyn muß. In den einfachen Augen der Gliederthiere erleidet das Licht eine vierfache Brechung, durch die Convexität der Cornea, die stärkere Convexität der dichteren Linse, durch die hintere Convexität der Linse bei dem übergange in den kanalförmigen hohlen Raum zwischen Glaskörper und Linse, endlich durch die vordere convexe Fläche des Glaskörpers. Diese Bildung spricht für den Mangel des genauen Sehens in die Ferne, aber für ein bestimmtes scharfes Gesicht in der Nähe, wie es den Spinnen in der That zukommt.

Versuche haben über die Function der glatten Augen

bei den Insecten nichts erwiesen. Vielleicht kann die Lage derselben unsere Schlüsse leiten. Bei der Gattung Empusa kann das mittlere untere Auge wegen der Verlängerung des Kopfes nur die nächsten Dinge sehen. Bei Locusta cornuta liegt ebendasselbe unter der Verlängerung des Kopfes. Ebenso bei der Gattung Truxalis. Bei Gryllus vittatus Fabr. liegt das dritte einfache Auge unten über dem Helm, ebenso bei den meisten Gryllen mit konischem Kopfe, z. B. bei Gryllus serrulatus, G. crenatus. Bei Gryllus lithoxylon Klug liegt das mittlere einfache Auge ganz in einer Rinne zwischen den Antennen verborgen, so daß der Gesichtskreis desselben sehr nahe und klein seyn muß. Bei Acheta monstrosa stehen die einfachen Augen kaum bemerkbar an den Wurzelstücken der Antennen, fast in der Einlenkung derselben mit dem Kopfe. Wie denn überhaupt bei der gesenkten Stellung des Kopfes die einfachen Augen der Orthopteren mehr nach abwärts und also gegen die nahe Sustentationsfläche gerichtet werden. Bei den meisten Hymenopteren liegen dagegen die Augen mehr nach hinten, so bei Malaxis, Cimbex, Tenthredo, Leucopsis, Sirex, Ichneumon, Chrysis, Lasius, etc.

Bedenkt man überdieß, daß die Larven, welche überhaupt nur bei dem Standpuncte ihrer Organisation den Trieb für die Nähe haben, nur einfache Augen besitzen, und daß dem Thiere kein Sehen in die Ferne zukommen kann, für die es keine Bewegung hat, so wird es sehr wahrscheinlich, daß die einfachen Augen der Spinnen wie der Insecten nur myopisch sind. Die einfachen Augen verhalten sich dann zu den zusammengesetzten Augen ganz so wie die Palpen zu den Antennen in Hinsicht des Gefühls. Den Larven fehlen die Antennen, ihnen bleiben zum Theil die Palpen; den Larven fehlen größtentheils die zusammengesetzten Augen, ihnen bleiben zum Theil die einfachen. Wo die einfachen Augen in verschiedener Größe vorkom-

men, wie bei den Scorpionen und bei den Gattungen Solpuga und Phalangium scheinen die kleineren am Rande des Kopf-Brustschildes gelagerten Augen auch mehr noch für die Nähe bestimmt und insbesondere den Freßwerkzeugen beigesellt zu seyn.

Der Gesichtskreis der einfachen Augen kann nur klein seyn; denn das seitlich einfallende Licht wird zwar durch die Cornea und die Linse eine große Brechung erleiden, muß aber doch bis zu einer gewissen Grenze von dem Pigmentgürtel des Glaskörpers intercipirt werden. Nur dadurch, daß die Gesichtsfelder der einzelnen einfachen Augen sehr klein sind, und daß diese immer eine mehr oder minder divergirende Stellung gegen einander haben, kann die theilweise Deckung der verschiedenen Gesichtsfelder der einzelnen Augen und das daraus hervorgehende Doppeltsehen vermieden werden. Und so sind also Kleinheit der Gesichtsfelder, Mangel der Beweglichkeit, Mehrheit der einfachen Augen und Divergenz derselben nothwendig mit einander verbunden.

Bei den Scorpionen, den Solpugen und den Phalangien divergiren die beiden großen einfachen Augen unter einem sehr bedeutenden Winkel, der bei den Solpugen 90° erreicht. Bei eben diesen Thieren sind die divergirenden Augen durch einen Vorsprung der äußeren Bedeckungen getrennt. Diese Augen entsprechen also immer verschiedenen Theilen der äußern Gesichtswelt; beide Augen sehen wahrscheinlich immer Verschiedenes, und die Bilder derselben werden sich nicht decken dürfen. Aus dieser Voraussetzung läßt sich abnehmen, daß der Gesichtskreis jedes Auges bei der Solpuga nur höchstens 90°, daß er bei anderen Spinnen, wo die Augen weniger divergiren und minder convex sind, noch sehr viel weniger betragen muß.

Bei den Spinnen stehen die einfachen Augen immer auf einem Bogen der äußeren Bedeckungen, fast nie in

einer geraden Ebene; ihre Achsen haben mannigfaltige divergirende Neigungen gegen einander. Bei denjenigen Spinnen, wo zwei Augen dicht aneinander liegen, wie bei Atypus, Linyphia, Epeira, liegen doch die Paare weit von einander in anderen Radien eines Kugelabschnittes, welcher alle Augen zugleich umfaßt. Aber die paarig verbundenen Augen divergiren oft beträchtlich mit ihren Achsen. Ich kenne nur einen einzigen Fall, wo die einfachen Augen ganz in derselben geraden Ebene liegen; so die mittleren sehr kleinen gestielten Augen der Solpuga Aegyptiaca. Hier müssen sich die kleinen Sehfelder beider Augen nothwendig decken; wahrscheinlich sind diese dem Theile des äußern Gesichtskreises bestimmt, welcher von den Sehfeldern der beiden großen einfachen Augen ausgeschloßen ist. Man muß bei dieser letztern Stellung der Augen annehmen, daß ihre Sehgrenze für die nächste Entfernung bestimmt ist, und daß ihre Sehfelder identisch, im subjectiven Sehraume sich vollkommen decken.

Wenn der Bogen x y Fig. 5. Taf. VI. die eine Reihe der Augen von Epeira diadema in ihrer gegenseitigen Lage darstellt, so sey der Bogen g h i k l ll mm die Sehgrenze aller Augen, in welcher das Thier allein nur deutlich sieht. Die Sehfelder der einzelnen Augen bei dieser Sehgrenze sind dann für das Auge a = g h, für b = h i, für c = i k, für d = k l, für e = l ll, für f = ll mm.

Bei dieser Sehgrenze werden die Sehfelder aller Augen getrennt seyn, ohne sich zu decken. Alle Gegenstände welche noch näher liegen, können immer nur von einem Auge gesehen werden, so daß die Summe der einzelnen Sehfelder, wenn die Gesichtsobjecte in dem Bogen m q r v liegen, = m n + n o + p q + r s + t u + u v. Die Lücken o p, q r, s t müssen in dem gemeinsamen

Sehfelde ausfallen; vielmehr werden o und p, q und r, s und t im subjectiven Sehraume sich berühren. Was über die Sehgrenze g k mm liegt, würde doppelt gesehen werden müssen, wenigstens von den Augen c und d, wenn über jene Sehgrenze überhaupt noch ein deutliches Gesicht statt fände.

Da die einzelnen Augen der Spinnen bei denselben Individuen an Größe so sehr verschieden sind, so läßt sich füglich annehmen, daß sie nicht allein in Hinsicht des Umfanges ihrer Sehfelder, sondern auch in Hinsicht ihrer Sehgrenze, mehr und minder myopisch, abweichen. Von den großen Augen der Scorpione und falschen Scorpione, wie der Gattung Scorpio und Solpuga, läßt behaupten, daß sie, eben wegen ihrer divergirenden Stellung, sowohl ein ausgedehnteres Gesichtsfeld haben, als auch weiter in die Ferne reichen. Dagegen die kleinen einfachen Augen der Scorpioniden, wie die Randaugen des Scorpions, die mittleren und seitlichen kleineren Augen der Solpuga Aegyptiaca, überhaupt die Augen der meisten übrigen Spinnen, bei einer geringen Divergenz, sowohl durch Kleinheit des Sehfeldes als durch Kurzsichtigkeit sich auszeichnen müssen. Auch ist begreiflich, daß, wenn die Sehfernen der einzelnen Augen verschieden sind, selbst bei einer theilweisen Deckung der Sehfelder keine bedeutende Störung des Gesichtes eintreten kann, indem nur dasjenige Auge deutlich sieht, in dessen Sehgrenze die Objecte geboten werden.

---

4. Von den zusammengesetzten Augen der Insecten und Krebse.

Die zusammengesetzten Augen kommen allen Crustaceen, mit Ausnahme der Oniscoiden, und allen vollkommen ent-

wickelten, geflügelten Insecten zu, aus der Ordnung der Flügellosen den der Familie der Springschwänze, Thysanura angehörenden Gattungen Machilis und Lepisma.

Sie fehlen den Larven der Insecten mit vollkommener Metamorphose, den Larven der Käfer, der Hymenopteren, der Dipteren, der Lepidopteren und der meisten Neuropteren mit halber und ganzer Verwandlung.

Sie kommen zu den im Wasser lebenden Larven der Neuropteren mit halber Verwandlung, wie den Libellulinen und Ephemeren, ferner den Larven der Orthopteren (sämmtlich mit unvollkommener Verwandlung) von der ersten Jugend an, und eben so den Larven der Hemipteren, welche nicht weniger sich durch eine unvollkommene Verwandlung auszeichnen.

Blind sind unter den Coleopteren alle Arten der Gattung Claviger, unter den Dipteren die auf den Bienen parasitische Braula Nitzsch, an welche sich einige Arten parasitischer Pupipara, Nycteribia, Melophagus mit sehr undeutlichen oder fehlenden Augen anschließen, endlich unter den Hymenopteren die Zwitter von 5 Ameisenarten *).

Unter den Crustaceen sind mir als blind nur die der Ordnung der Isopoden angehörenden Bopyren bekannt, welchen die Ergynen, mit kaum sichtbarem Auge, verwandt sind.

Die zusammengesetzten Augen der Insecten sind immer unbeweglich, und wenn auch bei Achias und Diopsis, Dipteren des heißen Südens, die Augen auf einem contractilen Faden aufsitzen, so verändern sie doch nie ihre gegenseitige Stellung.

Unter den Crustaceen sind die zusammengesetzten Augen bei den Krabben und Schaufelkrebsen auf Stielen beweglich, unbeweglich in der Ordnung der Amphipoden,

*) Rudolphi's Physiologie B. II. S. 156. 158.

selten gestielt, wie bei den Fadenkrebsen, Phasmatocarcinus. Bei den Entomostraceen sind die Augen meist aufsitzend und unbeweglich; bei Monoculus apus Linn. Apus productus Lam. kommen zwei gestielte Augen vor.

Die Zahl der zusammengesetzten Augen ist fast immer zwei. Bei den Männchen einiger Ephemeren kommen vier vor, eben so bei beiden Geschlechtern der Gattung Ascalaphus.

Sehr selten fließen die beiden Augen zusammen, wie bei den Männchen einiger Hymenopteren und Dipteren, und unter den Entomostraceen bei den Sophyropoden: Cytherina, Cyclops, Polyphemus. Häufiger treten sie sehr nahe zusammen, wie bei einigen Dipteren, namentlich den Männchen (Culex, Tabanus).

Die meisten Schriftsteller, welche über die zusammengesetzten Augen der Insecten geschrieben haben, kommen darin überein, daß diese aus dem kugligen Bulbus des Sehnerven, den aus diesem radial sich fortsetzenden Sehnervenfasern, dem zwischen diesen Fasern verbreiteten farbigen Pigmente und einer facettirten Hornhaut bestehen, deren Facetten den Fasern des Sehnerven entsprechen. Marcel de Serres hat in einer besondern Monographie die zusammengesetzten Augen der Insecten ausführlich beschrieben. Ich werde nicht in eine umständliche Kritik dieser Untersuchungen eingehen, welche zum Theil sehr lehrreich, andern Theils gleichgültigen und für die Physiologie des Sehens insbesondere unwichtigen Inhaltes, viele Irrthümer enthalten, die eine Construction des Sehens der Insecten nicht zulassen, und bei einer mangelhaften aber vielseitigen und dadurch blendenden Beobachtung auch der Forschung ungerechte Grenzen setzen.

So viel ist gewiß, daß wenn das Auge der Insecten so gebaut ist, wie man glaubt, wir uns einer Einsicht in die Physiologie des Sehens dieser Thiere vollkommen begeben müssen. Das zusammengesetzte Auge der Insecten erfor-

derte darum eine neue Untersuchung. Lange Zeit mit den Vortheilen und Mängeln des Microscopes wohl vertraut, gieng ich an dieselbe mit besonderem Vertrauen. Ich theile meine Resultate mit, indem ich immer die Physiologie des Sinnes im Gesichte behalte, die allgemeinsten Erfahrungen über die Bildung des Insectenauges voraussetzend.

Die Hornhaut.

Bei den Insecten sind die Facetten sechseckig, bei den Crustaceen bald sechseckig, wie bei den Entomostraceen, bald viereckig, wie bei den wahren Krebsen.

Zahl der Facetten nach beiläufigen Berechnungen *)

Bei Mordella	25088,
Libellula	12544,
Papilio	17355,
Sphinx convolvulus	1300,
Phalaena Cossus	11300,
Bombyx mori	6236,
Musca domestica	4000,
Formica	50,
Limulus Polyphemus	1000,
Cancer gammarus	2500.

Die Größe der Facetten ist bei den verschiedenen Thieren dem größten Wechsel unterworfen. Bei Libellula vulgaris soll sogar an einem und demselben Auge der obere grüne Abschnitt des Auges größere Facetten haben, wie Marcel de Serres angiebt.

---

*) Aus den Beobachtungen von Swammerdam, Leuwenhoek, Andre, Baster, Reaumur, Lyonet, Götze, Puget, bei Schelver a. a. O. S. 66.

Bei den wenigsten Insecten stehen in den Zwischenräumen der Facetten einzelne Haare. Dahin gehören die Hymenopteren und Dipteren; wo diese Haare vorkommen, sind sie häufiger am untern Theile vom Umfange des Auges.

Die Bildung der Hornhaut und der einzelnen Facetten derselben wechselt bei den verschiedenen Insecten sehr. Bei vielen und namentlich bei den Hymenopteren und bei den Schmetterlingen bestehen alle einzelnen Facetten aus biconveren Linsen, wovon ich mich auf das Bestimmteste überzeugt habe, was man aber nur dann deutlich erkennt, wenn man den Rand eines Durchschnittes der Cornea unter dem Microscope betrachtet. Bei Sphinx verhält sich die Achse der Linse zur Breite wie 1:2. Fig. 1. Taf. VII. Bei vielen andern Insecten aber und, wie mir scheint, bei allen denen, welche bei einer unvollkommenen Metamorphose ihre Augen mehrmal häuten, wie die Hemipteren und Orthopteren, sind die Facetten der Cornea weniger conver, und meist an der innern Fläche eben. Auch ist die Dicke der Hornhaut im Verhältniß zu der Größe der Facetten bei den Orthopteren so bedeutend, daß die Facetten oft viel dicker als breit sind, wie bei den Heuschrecken, Gryllen und Mantiden. Bei Gryllus hieroglyphicus verhält sich die Breite der Facette zur Dicke derselben oder der Hornhaut wie 1:7.

Fig. 6. Taf. VII. Augen der Mantis religiosa.
a. Facetten der Cornea.

Die viereckigen Facetten in der Hornhaut der Krebse sind gar nicht mehr erhoben, sondern an den Grenzen nur etwas eingeschnitten, an der innern Fläche aber eben.

Fig. 12. Ein Stück der Cornea des Flußkrebses.

Fig. 13. Die inneren Theile des Auges vom Flußkrebse nach Wegnahme der Cornea.

a. Oberfläche der inneren Theile unter der Hornhaut.

In der Regel fehlt hinter den Facetten der Cornea das Pigment, das nur an den Rändern der Facetten, zwischen den inneren Theilen vortretend, anliegt.

Marcel de Serres hat das Verdienst, bewiesen zu haben, daß das Pigment nicht gleichmäßig die innere Fläche der Hornhaut überzieht, indem die von dem Bulbus des Sehnerven entspringenden Fasern, das Pigment durchdringend, unmittelbar die Facetten der Cornea berühren, so daß in den Zwischenräumen jener Fasern das Pigment angehäuft ist. Treviranus *) behauptet zwar, wenn auch das Pigment bei den Nachtinsecten nur an den Rändern jener Fäden, die Hornhaut berührend, angehäuft sey, so überziehe es doch bei den Taginsecten auch vorn die Extremitäten jener Fäden, über die innere Fläche der Hornhaut gleichmäßig sich ausbreitend. Allein so sehr ich die anatomischen Untersuchungen von Treviranus, namentlich in diesem Gebiete, zu schätzen im Stande bin, muß ich doch dieser Angabe widersprechen. Ich habe in meinen Untersuchungen der Insectenaugen die Beobachtungen des Marcel de Serres, was die Verbreitung des Pigmentes betrifft, bestätigt gefunden.

Das Pigment fehlt aber doch nicht immer unter den Facetten der Cornea, wie Marcel de Serres will. Ich habe Fälle gesehen, wo zwischen den inneren Theilen und der innern Fläche der Cornea eine sehr dünne Lage eines hellen Pigmentes ausgebreitet war, das sich aber gar sehr von dem übrigen dunkeln Pigmente der inneren Theile unterschied. So ist es bei den Nachtschmetterlingen und bei den Mantiden, bei welchen letzteren eine dünne Schichte

*) Biologie. B. VI. S. 432.

des hellen Pigmentes sich auch eine kurze Strecke zwischen den inneren faserigen Theilen verbreitet, um dann in das dunkle Pigment überzugehen.

Wenn Marcel de Serres behauptet, die Fasern des Sehnerven reichen bis zur Cornea, so hat er, bei einer mehr in der Breite ausgedehnten und fleißigen als genauen und zuverläßigen Untersuchung, ein Organ übersehen, welches allein das Auge der Insecten zum Sehaparate machen kann, und ohne welches das Insect überhaupt nur schlechthin Licht empfinden könnte.

Die durchsichtigen Kegel des Glaskörpers.

Schon Swammerdam hat in seiner sonst nicht ganz richtigen Darstellung des Auges der Drohne auf durchsichtige kegelförmige Organe aufmerksam gemacht, welche zwischen den Endigungen der Sehnervenfasern und den Facetten der Hornhaut vermittelnd eintreten.

Will. Andre**) hat dieselben Kegel bei dem Molucki-

---

*) Bibl. nat. tob. 20 fig. 1, 5.

**) Philosoph. Transact. T. 72. p. 448. In Schelver, Versuch einer Naturgeschichte der Sinneswerkzeuge bei den Insecten und Würmern, Göttingen, 1798, Seite 69. In dieser letztern Schrift ist die Angabe aus Andre falsch, daß die Spitzen der Kegel nach oben gerichtet sind. Diese Angabe, die im Original in einer Anmerkung berichtigt ist, gilt bloß von der zufälligen Lage des Objectes unter dem Microscope. Derselbe Irrthum entstellt bei Schelver auch die Beobachtungen von Swammerdam, Leuwenhoek, Cavolini.

schen Krebse beschrieben. Ihre Basis ist gegen die Hornhaut, ihre Spitze gegen das Innere des Auges gerichtet. Sie haben größtentheils eine schiefe Richtung, einige wenige, ohngefähr 30, ausgenommen, welche senkrecht auf der Mitte der Hornhaut stehen. Auch Andre bemerkt, daß die Kegel in ihrer Achse durchsichtig sind. Diejenigen sind die längsten, welche auf der Peripherie der Hornhaut stehen. Die, welche dem Mittelpuncte sich nähern, sind nur halb so lang.

Der kegelförmigen Körper unter der Hornhaut des Flußkrebses haben Leuwenhoek, Swammerdam und Cavolini erwähnt.

Dieselben Organe sind von Schäffer *) im Auge von Monoculus apus beschrieben worden. Bei dem krebsartigen Kiefenfuß sieht man am Ende eines jeden der spitzigen Kegel, die auf den Facetten der Hornhaut aufsitzen, einen Sehnerven angehen, der milchweiß und halbdurchsichtig ist.

Auch Cuvier **) erwähnt der kegelförmigen Körper in den Insectenaugen, hält sie aber für Fortsetzungen des Sehnerven.

Wenn man in der neuern Zeit, durch Marcel de Serres verführt, diese Organe allgemein übersehen hat, so hat sie Treviranus ***) als eine besondere Bildung bei der Blatta orientalis beschrieben, indem er die Bemerkung hinzufügt, daß sie vielleicht fast allen nächtlichen Insecten zukommen. Treviranus fand bei Blatta orientalis unter der Hornhaut

---

*) Naturgeschichte des krebsartigen Kiefenfußes. Regensb. 1756. S. 68.

**) Mem. de la soc. d'hist. nat. a. VII. p. 41. Vergl. Anat. B. 2. S. 448.

***) Vermischte Schriften. B. III. S. 150.

der zusammengesetzten Augen eine dunkelviolette Masse, die sich unter starker Vergrößerung als ein Aggregat von eben so vielen kegelförmigen Körpern zeigte, als Abtheilungen des Auges vorhanden waren. Jede Abtheilung hatte ihren eigenen Kegel, der an seiner abgerundeten Basis mit ihr verbunden war. Mit den Spitzen lagen diese Kegel dicht neben einander, jeder Kegel aber bestand aus einer doppelten Substanz, aus einer dem Glaskörper analogen Masse, von welcher er seine konische Gestalt hatte, und aus einem dunkelvioletten Pigmente, welches seine Seitenflächen bedeckte. An seiner Basis fehlte das Pigment, und hier stieß der Glaskörper unmittelbar an die Hornhaut. An einem andern Orte *) bemerkt Treviranus, daß diese Bildung, die er früher nur den lichtscheuen Insecten zugetheilt habe, vielleicht allen Insecten zukomme.

In der That kommen nach meinen Untersuchungen diese Organe den zusammengesetzten Augen aller Insecten und Krebse zu, und es liegt nur an der Art der Untersuchung, daß man sie bisher nicht bemerkt hat. Wenn man nämlich die Augen der Insecten und Krebse im frischen Zustande untersucht, so sind jene Kegel, obgleich von dem Pigmente an ihren Wänden deutlich gesondert, doch so weich und gallertartig, daß man nicht leicht einen Durchschnitt des Auges machen kann, ohne ihre Substanz durch die Friction größtentheils mit dem Pigmente zu vermischen. Die Augen der Insecten müssen, wenn sie zu diesem Zwecke untersucht werden sollen, einige Zeit in starkem Weingeiste gelegen haben; die Augen der Krebse werden am besten zum Zweck der Untersuchung gekocht. Bei manchen Insecten wird jene Substanz durch den Aufenthalt im Weingeiste zwar dicht, verliert aber ihre Durchsichtigkeit nicht,

*) Biologie B. VI.

und ist dann sehr deutlich als einzelne Kegel, die, von den undurchsichtigen Fasern des Sehnerven verschieden, mit diesen verbunden sind, zu unterscheiden. Bei anderen Insecten, die in Weingeist aufbewahrt werden, verliert sie mit ihrer Weichheit auch ihre Durchsichtigkeit, und so auch bei den Krebsen durch Kochen. Sie ist aber auch dann bei einiger Genauigkeit immer noch deutlich genug von den Fasern des Sehnerven selbst zu unterscheiden. Auch bricht gewöhnlich das erhärtete Auge an der Grenze der Sehfasern und der Spitzen der kegelförmigen Körper, so daß die Kegel mit ihrem Pigmente an der Hornhaut festsitzen, die Sehfasern aber sammt ihrem Antheil des Pigmentes mit dem Bulbus des Sehnerven verbunden bleiben.

Die Form dieser Kegel ist bei den verschiedenen Gliederthieren sehr verschieden. Sie richtet sich einigermaßen nach der Form der Facetten, doch nicht ganz genau. Bei den Krebsen mit regelmäßig viereckigen Facetten der Hornhaut ist auch der durchsichtige Kegel des Glaskörpers viereckig. Bei den Insecten sind die Facetten immer sechseckig, und doch sind die kegelförmigen Körper bei den Nachtschmetterlingen, bei welchen sie vorzüglich deutlich sind, rundlich. Die Basis der Kegel, welche mit der entsprechenden Facette der Hornhaut in Verbindung tritt, ist bald eben, wie bei den Krebsen, bald ausgehöhlt nach der innern converen Fläche der Facette. Das untere Ende des Kegels, welches auf dem Ende der entsprechenden Sehfaser aufsitzt, ist in der Regel spitz. Bald ist die Zuspitzung unmerklich, wie bei den Krebsen, bald nimmt sie schnell an dem untern Ende zu, wie bei den meisten Insecten. Immer aber nimmt die Dicke des Kegels von der Hornhaut bis zu den Sehfasern ab. Die Wände der Kegel liegen dicht aneinander, durch das Pigment, welches sie überkleidet, getrennt.

Auch die Größe der Kegel ist sehr verschieden nach Maß-

gabe der Größe der Kugel, von welcher die Convexität des Auges ein Abschnitt ist, und der absoluten Größe des Kugelabschnittes, welchen die äußere Form des Auges bildet. Aber die Größe jener Theile wechselt auch in denselben Augen sehr häufig. Andre schon hat eine Beobachtung dieser Art von dem Moluckischen Krebse aufgeführt, bei welchem die peripherischen durchsichtigen Kegel die größten sind. Bei denjenigen Insecten, deren Augen von der Form der Kugel abweichen, sind sie gewöhnlich am größten, wo das Auge am meisten flach ist, am kleinsten, wo es kuglich oder parabolisch wird. So nehmen die Kegel bei Mantis religiosa von außen nach innen, oder von dem flachern zu dem convexern Theile des Auges in einem sichelförmigen Streifen, der mit seiner Krümmung dünner wird, in der Größe ab. Taf. VII. Fig. 7. a. Doch habe ich nie bemerkt, daß die Breite der Kegel unter solchen Umständen verschieden gewesen; in ihrem Breitendurchmesser sind sie vielmehr gegen die Basis hin, wie die ihnen entsprechenden Facetten gleich.

Bei verschiedenen Arten der Gattung Sphinx verhält sich der Durchmesser der Basis zur Längenachse wie 1 : 5. In diesem Falle ist die Länge der Kegel zu ihrer Breite sehr klein. Bei dem Flußkrebse ist das Verhältniß ohngefähr wie 1 : 10.

Die unteren Spitzen der durchsichtigen Kegel sitzen auf den Endigungen der Sehfasern auf; die Basis derselben ist mit der entsprechenden Facetre der Hornhaut in der Regel ohne Vermittelung des hellern Pigmentes verbunden. Das Pigment aber, welches die Sehfasern bis zum Bulbus des Sehnerven von einander scheidet, dringt auch in die Zwischenräume der Kegel bis zu den Begrenzungen der Facetten ein, überall die äußeren Wände jener Organe überkleidend. Es verändert überdieß bei den meisten Insecten in dem Verlaufe von dem Bulbus des Sehnerven

bis zur Hornhaut seine Farbe, in seltenen Fällen, wie bei dem Flußkrebse und bei den Mantiden, mehreremal.

Wenn man die Augen einer Sphinx längere Zeit in Weingeist liegen läßt, so werden die Kegel bei erhaltener Durchsichtigkeit so consistent, daß sie sich einzeln von einander ablösen und durch Rütteln und Zerren im Wasser von ihrem Pigmente ganz und theilweise befreien lassen. Will man die Hornhaut von dem Auge trennen, so bleiben oft ganze Reihen und Aggregate der Kegel, mit ihrem Pigmente verbunden und von den Endigungen der Sehfasern getrennt, an der Hornhaut festhängend, in welchem Falle aber alle Kegel gleich groß sind und selbst nie in ihrer Continuität zerreißen; zuweilen auch zerreißen die Sehfasern in ihrer Mitte, dann bleibt ein Theil der dünnen Sehfaser mit der Spitze des Kegels verbunden.

In der zweiten Abbildung der siebenten Tafel sind sowohl einzelne Kegel, als Aggregate derselben aus dem Auge einer Sphinx in diesen verschiedenen Zuständen vergrößert dargestellt.

Das Stückchen Nro. 1 stellt ein Häufchen der Kegel dar, welche von der Hornhaut entblößt und von den Sehfasern getrennt sind. Das Pigment ist theilweise abgelöst, aber in den Zwischenräumen der Spitzen, wo es zaserig hervortritt, bemerkbar.

Nro. 2. stellt einzelne Kegel mit Anhängen des Pigmentes, andere von demselben ganz entblößt dar. In diesem letztern Zustande sind die Kegel fast ganz und gar durchsichtig wie Glas.

In Nro. 3 sind einzelne von dem Pigmente entblößte Kegel noch mit Theilen der zerrissenen Sehfasern verbunden.

In Nro. 4. ist ein Haufen solcher durch Pigment locker verbundener Kegel in ihrer Verbindung mit Theilen der Sehfasern dargestellt.

Nimmt man die Hornhaut behutsam von der Oberfläche der Kegel weg, so stellt diese ein Netz von runden weißlichen Flächen dar, deren Grenzen von dem zwischen den Wänden der Kegel bis zur Hornhaut vordringenden Pigmente bezeichnet werden.

Eine solche Ansicht der obern Fläche der verbundenen Kegel ist in der 3. Fig. der VII. Taf. aus dem Auge einer Sphinx gegeben.

Wenn man aber mit der Hornhaut auch die Kegel behutsam entfernt, so daß diese in ihren Verbindungen mit den Sehfasern reißen, so werden die Extremitäten der Sehfasern in der Hülle ihres Pigmentes als eine convexe mit der Convexität des Auges gewöhnlich concentrische Fläche sichtbar. Die Oberfläche dieser Theile hat ein ganz anderes Ansehen als die Oberfläche der verbundenen Kegel unter der Hornhaut. Da nämlich die Sehfasern viel dünner als die mit der Hornhaut verbundenen Basen der ihnen entsprechenden Kegel sind, indem sie sich nur mit der Spitze der letzteren verbinden, so erscheint die Oberfläche der durch Pigment verbundenen Sehfasern sammetartig als eine halb dunkle Masse, in welcher sehr viele regelmäßig verbreitete weiße Puncte, die Extremitäten der Sehfasern sichtbar sind.

Fig. 4. Taf. VII. Aggregat der durch Pigment verbundenen Sehfasern aus dem Auge einer Sphinx.

a. Die Oberfläche der durch Pigment verbundenen Sehfasern.

b. Die Seitenansicht der durch das Pigment verlaufenden Sehfasern.

Fig. 15. Aggregat der durch Pigment verbundenen Sehfasern aus dem Auge des Flußkrebses.

Fig. 5. Die Sehfasern mit den durchsichtigen Kegeln in der relativen Größe und Lage gegen die allgemeinen

Umrisse des Auges von einem Nachtschmetterlinge; zur Berichtigung der hypothetischen Abbildung von den inneren Theilen des Auges in Fig. 1. der dritten Tafel in dem Werke von Marcel de Serres.

a. Die Facetten der Cornea.

b. Die durchsichtigen Kegel.

c. Die Sehfasern.

d. Das Pigment.

e. Der hörnerne Ring der äußeren Bedeckungen, welcher das Auge trägt und umschließt.

f. Der Sehnerve, zum Bulbus anschwellend.

So viel nun von den durchsichtigen inneren Theilen des Auges, welche von Swammerdam bei der Biene, von Cavolini, Andre und Anderen bei den Krebsen, von Treviranus bei der Blatta orientalis als besondere Bildung beschrieben worden, nach meinen Untersuchungen aber den zusammengesetzten Augen aller Insecten zukommen. Es ist in der That zu verwundern, wie Marcel de Serres bei einer großen Breite seiner Untersuchungen das wichtigste Organ im Auge des Insectes, das ihm, außer der allgemeinen Lichtempfindung, auch die Empfindung der räumlichen Unterschiede des Lichtes sichert, übersehen konnte. Serres hat den genauen Swammerdam offenbar mißverstanden, indem er dessen Pyramidalfasern und die faserigen Endigungen des Sehnerven, welche Swammerdam auf das Bestimmteste trennt, zusammenwirft. So kennt Serres die durchsichtigen Kegel bei seiner Art, das Auge zu untersuchen, entweder nur als Fortsetzung der Sehfasern oder als sogenanntes Zellgewebe der Chorioidea. Er sagt, die Chorioidea sey strahlig bei Truxalis; aber die Chorioidea existirt nicht als

Membran, und der vordere Theil des Auges ist in allen Fällen strahlig durch die genau gesonderten, in der Achse durchsichtigen, aber mit Pigment seitlich bekleideten Kegel. Am Schlusse seines Werkes glaubt Serres in den Augen von Sphinx und Noctua ganz andere Bildungen, nämlich Feuchtigkeiten von verschiedener Dichtigkeit und eine Art von Crystallinse erkennen zu müssen. Ich habe die Augen von Sphinx und Noctua genau microscopisch untersucht; sie sind gebildet, wie die Augen aller anderen Insecten; mit Willen wählte ich daher, in Beziehung auf die Bemerkung von Serres, das Auge eines Nachtschmetterlinges zu den Abbildungen.

Die Fasern des Sehnerven.

Die Fasern des Sehnerven entfernen sich von dem Bulbus desselben fast radial, indem sie eine gleichförmige Dicke bis zur Spitze der durchsichtigen Kegel behalten. Sie durchdringen in diesem Verlaufe das dunkle Pigment und verbinden sich zuletzt mit den ihnen entsprechenden Spitzen der durchsichtigen Kegel, so daß die letzteren und die Sehfasern immer in gleicher Anzahl mit den Facetten vorhanden sind. Das Verhältniß der Länge dieser Fasern zur Länge der Kegel ist sehr verschieden. Bei den Sphingen sind sie etwa viermal so lang als die letzteren. Ihre Länge in demselben Auge ist aber nicht nach der Form des Auges verschieden, sondern da, wo in einem Auge die durchsichtigen Kegel einerseits kürzer sind, sind die Sehfasern umgekehrt oft länger, wie z. B. bei Mantis religiosa. Taf. VII. Fig. 7. b. Immer ist die Zunahme der Größe durch ein tieferes Eindringen des Pigments ins Innere des Auges bezeichnet. Die Weichheit der Nervenfasern

verhindert übrigens, daß man diese, so wie es an den durchsichtigen Kegeln geschehen kann, von ihrem Pigmente reinige.

Taf. VII. Fig. 6. Durchschnitt in der Richtung der Längenachse von einem Auge der Mantis religiosa.

a. Die dicken fast kugeligen Facetten der Cornea.

b. Die durchsichtigen Kegel, in ihrem hellen Pigmente verlaufend.

c. Ein Theil der innern Fläche der Hornhaut, von den Kegeln entblößt.

d. Innere Fläche des vordern schaligen Abschnittes des Auges, wo nämlich im unversehrten Zustande die Extremitäten der Sehfasern anliegen. Die dunkeln Felder rühren von dem Pigmente her, das aus den Zwischenräumen der Sehfasern in die Zwischenräume der Kegelspitzen und sofort der Kegel selbst sich fortsetzt. Die weißlichen Stellen bezeichnen die zerstörten Verbindungspuncte der Sehfasern mit den vorderen Theilen.

Die Pigmente des Auges.

Die Zwischenräume der durchsichtigen Kegel und der Sehfasern sind mit dem Pigmente und den feinsten Verzweigungen der Tracheen ausgefüllt, welche in der Regel von einer das Auge ringförmig umgebenden Luftröhre entstehen. Dieses Luftgefäßgewebe könnte man also die Choriodea des Insectenauges nennen.

Bei den meisten Insecten kann man ein äußeres und inneres Pigment unterscheiden. Das äußere Pigment, welches Serres den Ueberzug der Hornhaut genannt hat, obgleich es in den wenigsten Fällen die innere Fläche der Facetten überzieht, giebt dem Auge seine eigene Farbe, und ist immer nur ganz oberflächlich. Es unterscheidet sich häufig von dem tiefern innern Pigmente durch eine hellere und lebhaftere Farbe und ist überhaupt bei den verschiedenen Insecten viel veränderlicher als das letztere. So ist es roth bei Oscinis; hellgelb bei Apis retusa; blaulich, orangen, gelbbraun, grün bei den Orthopteren und theilt bei diesen letzteren gewöhnlich die Farbe der allgemeinen Bedeckungen; gelbbraun, braun, rothbraun, grün bei den Käfern, wo es ebenfalls meist an der Farbe der Bedeckungen Theil nimmt, golden bei Hemerobius perla und manchen Dipteren, wie bei Chrysops, Ortochile, Tabanus. In manchen Fällen ist das äußere Pigment auch punctförmig oder streifig gezeichnet und in seinen Farben abwechselnd, wie bei einigen Dipteren und Orthopteren, worauf wir noch einmal zurückkommen wollen. Die Farbe des äußern Pigmentes ist sogar bei einer und derselben Gattung verschieden.

Das innere tiefere Pigment in den Zwischenräumen der kegelförmigen Körper und der Fasern des Sehnerven ist viel beständiger und nur auf wenige Farbenveränderungen bei den verschiedenen Thieren beschränkt, es ist ferner im Gegensatze des oberflächlichen Pigmentes oder des sogenannten Ueberzugs der Cornea von dem Pigmente der äußeren allgemeinen Bedeckungen unabhängig. Seine Farben sind folgende:

hellroth, so die erste innere Pigmentlage bei den Mantiden;

purpurroth, wie bei vielen Dipteren, Musca domestica, Stratiomys;

violett, wie bei Blatta orientalis;

blauviolett, wie bei den Nachtschmetterlingen, und in der Tiefe des Auges bei den Mantiden;

blauschwarz und schwarz, wie bei den Bienen, Hummeln, vielen Käfern und Schmetterlingen.

Im Allgemeinen nimmt die Dunkelheit des Pigmentes von den äußeren zu den inneren Theilen zu, zuweilen treten auch wieder hellere Abstufungen zwischen dem dunkeln Pigmente ein, oder es kommen mehrere innere Pigmente verschiedener Farbe vor. Dahin gehören viele Orthopteren, wie die Mantiden.

Bei Mantis religiosa sind die Kegel an ihrer obern Hälfte, gegen die Cornea zu, mit einem hell gelbbraunen Pigmente überkleidet. Taf. VII. Fig. 6. g. Der untere Theil der Kegel wird von einem sehr hellen violett röthlichen Pigmente überzogen; dieser Theil des Pigmentes geht aus den Zwischenräumen der Kegel selbst über ihre Spitzen hinaus. Fig. 6. h. Bei einem Durchschnitte des Auges in der Richtung des Radius scheinen nämlich die Spitzen der Kegel aufzuhören, ehe sie die Extremitäten der Sehfasern erreichen, und dieser Zwischenraum scheint durch das helle Pigment ausgefüllt zu seyn. Ob nun außer diesem noch andere durchsichtige Theile die Kegel und Extremitäten der Sehfasern verbinden, habe ich nicht ermitteln können. Sonst sind wir genöthigt anzunehmen, daß das hellröthliche Pigment zwischen den Enden der durchsichtigen Kegel und der Sehfasern im Auge des lebenden Thieres wenigstens durchsichtig sey. Die zweite Lage des Pigmentes hört an den Extremitäten der Nervenfasern plötzlich auf; die Zwischenräume der letzteren werden von dem dritten dunkelvioletblauen Pigmente ausgefüllt. Fig. 6. e. In f sind einzelne Bündel der Nervenfasern mit dem ihnen anhaftenden

Pigmente losgerissen und auf die Seite geschlagen. In d ist die innere Fläche der zweiten Lage des (hellröthlichen) Pigmentes sichtbar. Als Spuren der Verbindung mit dem dritten dunkeln Pigmente, wo dieses zwischen den Extremitäten der Sehfasern lag, haften auf der innern Fläche der zweiten hellröthlichen Lage dunkelviolette Flecke. Da die Zwischenräume der Sehfasern gegen den Bulbus des Sehnerven immer enger werden, so nimmt die Tiefe des dunkeln Pigmentes gegen das Innere des Auges scheinbar ab.

In Fig. 7. bezeichnet a den vordern Abschnitt des Auges von Mantis religiosa, den Abschnitt der durchsichtigen Organe, in welchem die beiden helleren Pigmente, b den Abschnitt der inneren nervösen Gebilde mit dem dritten dunkeln Pigmente.

Bei Gryllus hieroglyphicus kommen drei verschiedene Pigmentlagen vor, eine äußerste blaß orangen, gleich dem Pigmente der glatten Augen, dünner als die Cornea, eine mittlere lebhaft roth, noch dünner, und eine dunkelviolette innerste.

In dem Auge des Flußkrebses ist der Farbenwechsel des Pigmentes noch stärker. Unmittelbar hinter der Cornea sind die Kegel, wie es scheint, an ihren Wänden gar nicht von Pigment bekleidet. Fig. 13. d. Dann beginnt ein dunkles, schwarzblaues Pigment, das aber nur sparsam zwischen den dicht an einander gelagerten Kegeln verbreitet ist, und sich allmählig gegen die Spitzen der Kegel ganz verliert. Fig. 13. b, c. Fig. 14. a. An den Extremitäten der Sehfasern beginnt ein noch dunkleres violettblaues Pigment, das bis auf eine kurze Tiefe die Sehfasern begleitet, Fig. 14. b., und dann allmählig wieder heller wird. Fig. 14. c. In einer Entfernung von den Extremitäten der Sehfasern, die geringer ist, als die Größe der durchsichtigen Kegel, beginnt mit scharfer Grenze in den Zwischenräumen der Sehfasern die dritte Lage des

dunkeln violettblauen Pigmentes, die am tiefsten eindringt und sich gegen den Bulbus des Sehnerven allmählig verliert. Fig 14. d.

Derjenige Theil des Pigmentes, welcher der Cornea zunächst liegt, wechselt zuweilen auch die Farbe in der Breitenausdehnung. Bei Gryllus lineola ist das Pigment unter der Cornea oder vielmehr in den Zwischenräumen der Endtheile der Kegel grünbraun gestreift, wodurch das Auge äußerlich ein gebändertes Ansehen erhält. Ebenso ist bei Gryllus vittatus Fabr. das sehr große, wenig convexe, elliptische Auge gelbbraun gestreift von oben und vorn nach unten und hinten. Es ist aber merkwürdig, daß diese nur oberflächliche Farbenveränderung nur vorzüglich bei Orthopteren vorkommt, deren Metamorphose unvollkommen ist, und die also an ihren wachsenden Augen die Cornea oder ein Blatt derselben mehreremal wechseln. Außer den Orthopteren findet sich diese Bildung nur bei einigen Dipteren, Chrysops von goldenen Augen mit purpurrothen Puncten, und Tabanus von grüngoldnen Augen mit purpurrothen Streifen. Ferner ist deutlich bei den Orthopteren bemerkbar, daß das in den Zwischenräumen der Kegel zunächst unter der Cornea liegende Pigment mehr an den Eigenschaften des allgemeinen Pigmentes der äußeren Bedeckungen als an denen der tieferen Pigmente des Auges Theil nimmt. So ist auch das Auge zuweilen goldglänzend, wenn es der Körper ist, wie bei Orthochile ungulata aus der Ordnung der Dipteren.

Marcel de Serres hat auf eine andere Farbenverschiedenheit des äußersten Pigmentes bei einigen Neuropteren und Orthopteren, Libellula vulgaris, Locusta falcata, L. gigantea aufmerksam gemacht. Die Augen der erstern sind auf dem obern und hintern Abschnitte grün, auf dem vordern und untern roth gefärbt; bei Locusta gigantea theilt ein rother Streifen einen braunen und grünen Abschnitt. Ein

Band in der Mitte des Auges von anderer Färbung sah Marcel de Serres außerdem bei Phasma rossia, Syrphus. Bei Syrphus ist dieser Streifen auch behaart.

Marcel de Serres macht zur Erklärung jener Farbenverschiedenheit auf die von Herschel entdeckte Thatsache aufmerksam, daß das grüne Licht mehr Brechbarkeit als das rothe habe. Von Brechbarkeit kann aber bei einem Pigmente keine Rede seyn. Wenn nach Herschel das grüne Licht fast so hell ist als das gelbe, so kann hier nur in Betracht kommen, ob die mit grünem Pigmente bekleideten Wände der Kegel die unter schiefen Winkeln einfallenden Lichtstrahlen weniger absorbiren, als die mit rothem Pigmente bekleideten Wände. Indessen scheinen mir jene oberflächlichen Farbenunterschiede größtentheils nur auf Mannigfaltigkeit der Zeichnung zurückzukommen und außer Beziehung mit dem Sinne zu seyn. Nur bei den Libellen mag eine tiefere Beziehung obwalten, da die Facetten des grünen Abschnittes größer sind. Wenn bei den angeführten Thieren der Farbenunterschied des äußersten Pigmentes ein wirklicher ist, so ist dagegen bei einigen Thieren die Farbenintensität des Pigmentes nur äußerlich scheinbar verschieden. Bei Papilio cardui ist, wie schon Marcel de Serres bemerkt, das grüne glänzende Auge oben heller als unten. Dieser Umstand rührt aber wahrscheinlich mehr von der geringern Tiefe der oberflächlichen Pigmentlage an der einen Seite des Auges her. Denn man sieht überhaupt äußerlich nicht allein das in den Zwischenräumen der Facetten zu Tage kommende Pigment, sondern auch unter schiefen Winkeln das die Wände der durchsichtigen Kegel bekleidende Pigment, dessen oberflächliche Lage, wie wir früher gesehen haben, an verschiedenen Seiten oft verschieden ist. Ueberhaupt kann das äußere Ansehen leicht verleiten, Unterschiede des Pigmentes und der inneren Theile im Auge vorauszusetzen, welche nicht vorhanden

sind. Bei Gryllus hieroglyphicus, wo das oberflächliche äußere Pigment gelblich ist, sieht man auf der ganzen Oberfläche des Auges durch die Cornea eine Anzahl dunkler Puncte, die ihre Lage wechseln, wenn man das Auge in anderen Radien betrachtet. Nimmt man die Hornhaut vorsichtig weg, so ist sogleich der Schein verschwunden, vielmehr ist das Pigment ohne Unterschied gleichförmig ausgebreitet; und eben so wenig sind die Spuren jener Puncte in der losgetrennten Cornea zu erkennen. Bei den meisten Insecten mit hellgefärbten kugligen Augen sieht man ebenso im Innern des Auges einen dunkeln großen Fleck, der immer seine Lage in dem Radius behauptet, in welchem man das Auge betrachtet. Marcel de Serres hält diesen Fleck für den durch die Sehfasern gesehenen Bulbus des Sehnerven!! Hätte Marcel de Serres die durchsichtigen Kegel gekannt, so würde er uns nicht so Etwas erzählt haben. Der dunkle Fleck in dem radius visorius entsteht dadurch, daß durch die im radius visorius liegenden oder ihm genäherten durchsichtigen Kegel das dunkle Pigment in der Tiefe des Auges gesehen werden kann, während die peripherischen gegen den radius visorius schiefstehenden Kegel nur die Einsicht auf die oberflächliche äußere helle Pigmentlage ihrer Wände gewähren.

---

4. Von dem Sehen der Insecten und Krebse mit zusammengesetzten Augen.

Was man von dem Sehen der Insecten weiß, ist sehr gering. Hook *), Swammerdam, Rösel **) und

*) Micrograph. p. 178.

**) Insektenbel. 2. S. 51.

Reaumur *) stellten mannigfache Versuche an, die wenig Erfolg hatten. So viel scheint gewiß, daß der Gesichtskreis der Insecten nur so viel vom ganzen Horizonte umfaßt, als der Kugelabschnitt des Auges von dem ganzen Umfange einer Kugel. Die Insecten entfliehen nicht eher, als bis man in jenem durch den Umfang ihres Auges bestimmten Gesichtskreise ihnen näher tritt. Die Augen der Insecten sind ferner keiner Veränderungen für das deutliche Sehen in verschiedenen Fernen fähig; sie sehen meist nur in der Nähe gut; und auch die scheuesten größten Tagschmetterlinge und Neuropteren entfliehen nicht, wie Treviranus bemerkt, wenn man sich ihnen nähert, ohne einen Schatten zu werfen und ohne Geräusch zu machen, wenn man ihnen nicht auf 10—15 Fuß nahe kommt. Die Neuropteren erkennen zwar ihres Gleichen in der Nähe sehr gut, und das Männchen folgt dem Weibchen im Fluge; aber die Schmetterlinge irren fortdauernd, das Weibchen läßt sich häufig täuschen, ehe es die Pflanze trifft, auf die es seine Eier legt.

Die bisherigen Erklärungsarten des Sehens der Insecten sind wunderlich genug. Ich will mich nicht lange bei denjenigen aufhalten, die ohne anatomische Kenntnisse des Sehorganes entstanden sind. Prevost **) sagt: si les yeux des insectes étoient de même matière que les nôtres et de formes précisement semblables, ces animaux seroient singulièrement myopes; car, pour que l'image d'un objet vînt se peindre exactement sur la retine, il faudroit que la distance de l'objet à l'oeil fut aussi petite, par rapport à la distauce requise pour l'oeil humain. Diese Vorsicht war aus doppelten Gründen unnö-

*) Mém. pour servir à l'histoire des insectes. T. V. p. 287.

**) Biblioth. Britann. 1813. mai. 418.

thig. Wenn auch das Insectenauge mit dem linsenhaften Auge der Wirbelthiere verglichen werden könnte, würde dennoch der umgekehrte Fall eintreten; denn nach den Gesetzen der Refraction erfordert der entfernteste Gegenstand die kleinste Entfernung der Retina von der Linse.

Marcel de Serres, in unvollkommner Kenntniß der Refractionsgesetze, geräth überall in Versuchung, die Convexität der Cornea als ein brechendes Moment in Betrachtung zu ziehen; er mißt in dieser Voraussetzung bei vielen Insecten die Convexität der Cornea, wie ihre Abweichungen von der Sphäricität, und ist geneigt den Insecten mit sehr convexer Cornea ein deutlicheres Gesicht zuzuschreiben. Wenn aber die Fasern des Sehnerven, wie Marcel de Serres unrichtig annimmt, die Hornhaut unmittelbar berühren, so kann von einem Sehen durch Refraction gar nicht mehr die Rede seyn. Denn wenn auch das Licht von der dichteren äußerlich converen Cornea einigermaßen den Radien des Kugelabschnittes zugeleitet wird, so liegen doch die Extremitäten der Sehfasern, die innere convexe Fläche der Cornea berührend, nicht in der Vereinigungsweite des Bildes, und können nur schlechthin beleuchtet werden. In jener irrigen Voraussetzung, deren offener Widerspruch mit den Gesetzen der Refraction und des Sehens der Thiere mit linsenhaften Augen nicht weiter bloßgestellt zu werden braucht, übersieht Serres die wahre Bedeutung der Convexität der Cornea in Beziehung auf die Größe des Gesichtsfeldes. Die vielfachen Abweichungen des zusammengesetzten Auges von der Kugelform hätten ihn über das Widerstreitende jenes Erklärungsversuches nicht im Zweifel lassen dürfen. In der That fühlte Serres das Ungenügende dieser Annahme dunkel; denn an anderen Orten sagt er, die Insecten sehen durch eine unmittelbare Perception des Lichtes ohne brechende Medien, wodurch der Natur und insbesondere den Bewegungs-

gesetzen des Lichtes abermals Trotz geboten wird. Aber Serres unvollkommne anatomische Untersuchungen ließen ihn nicht die Organe erkennen, wodurch das Bild ohne Refraction auf eine zweite Art zu Stande kommt.

Treviranus entdeckt die durchsichtigen Kegel in dem Auge der Blatta orientalis, und ist geneigt diese Bildung den lichtscheuen Insecten überhaupt zuzuschreiben; aber er hat die Wichtigkeit dieser Entdeckung übersehen und verfällt ebenfalls in physicalische Widersprüche. So sagt er, wenn das Auge der höheren Thiere die Einrichtung der Camera obscura habe, so sey das Insectenauge einem convexen Spiegel zu vergleichen, auf welchem sich die Gegenstände vergrößert darstellen. Von großen und entfernten Körpern werfe die Oberfläche der ganzen Hornhaut, von kleinen und nahen die Oberfläche einzelner Abtheilungen die Bilder zurück. Jene werden von dem ganzen Sehnerven, diese von einzelnen Fäden desselben wahrgenommen *). In der That sind diese Voraussetzungen gar nicht zu verstehen. Der Spiegel hat nie das Bild auf sich oder in sich, sondern es wird nur ein Bild im Spiegel gesehen, wenn vor dem Spiegel ein linsenhaftes Auge ist, welches das auf den Spiegel von den Gegenständen auffallende und unter demselben Winkel reflectirte Licht eben so zu Bildern bricht, wie das von den Gegenständen selbst auf das Auge einfallende; oder wenn der Spiegel als Theil eines Sehorganes selbst empfinden könnte, so würde er kein Bild, sondern nur seine eigene allgemeine Beleuchtung empfinden. In der Biologie ist Treviranus der Sache näher gekommen. Es heißt dort **): »nur diejenigen Strahlen der Objecte werden zum Sehnerven durchgelassen, die senkrecht

*) Treviranus, vermischte Schriften B. III. S. 152.
**) B. VI. S. 440.

auf eine von den vielen Flächen der vieleckigen Hornhaut fallen, alle übrigen aber von dem glänzenden Pigmente, das sich unmittelbar unter dieser Haut befindet, zurückgeworfen«. Daß das Licht durch das Auge diesen Fortgang nehme und vermöge der durchsichtigen Medien nehmen müße, wird eingesehen; wie aber das Pigment die senkrechten Lichtstrahlen allein durchlassen, die anderen ausschliessen soll, das ist nicht begreiflich. Eben so wenig sieht man ein, warum das farbige Pigment die Unterscheidung der Farben aufheben sollte, den Bildern der Gegenstände seine eigene farbige Beleuchtung mittheilend *). Ist das farbige Pigment ein durchsichtiger Körper und zwischen der Hornhaut und dem Sehnerven vermittelnd, was aber nicht der Fall ist, so wird allerdings eine Mittheilung der Farbe, wie beim Sehen durch gefärbtes Glas, stattfinden können. Ist aber das Pigment undurchsichtiger Körper, wie es in der That gewöhnlich ist, so wird seine Farbe, sey seine Lage, wie sie immer wolle, keinen Einfluß auf die Farben-Specification des Bildes haben, es sey denn durch Reflexion, wozu hier keine Gelegenheit gegeben ist; und es ist gleichgültig, ob das Pigment vor oder hinter oder neben den einzelnen Fasern des Sehnerven gelegen ist.

Das Vorausgeschickte genüge, um zu zeigen, wie wenig die bisherigen Meinungen vom Sehen der Insecten das, was sie seyn sollen, Erklärungen, wirklich sind. Die vermittelnden durchsichtigen Organe zwischen den Fasern des Sehnerven und der Hornhaut, welche Swammerdam bei der Biene schon kannte, welche von Andre, Cavolini, Schäffer bei den Krebsen beschrieben worden, welche Treviranus bei der Blatta orientalis wieder entdeckt, und die nach meinen Untersuchungen den zusammengesetzten Augen der Insecten ohne Ausnahme zu-

*) Ebend.

kommen, sind als die wichtigsten Theile eines Sehapparates zur Sonderung des Lichtes in den Erklärungen übersehen worden. Wir werden aber nun im Stande seyn, eine vollständige und befriedigende Erklärung von dem Sehen der Gliederthiere mit zusammengesetzten Augen zu geben und eine Menge erhobener Widersprüche zu schlichten.

Die Insecten sehen weder nach dioptrischen, noch nach katoptrischen Gesetzen, sondern bloß durch eine nähere Bestimmung der Beleuchtung. Wenn ein kugeliges Sehorgan von verschiedenem farbigen Lichte, das von sehr verschiedenen Stellen der äußern Gesichtwelt einfällt, beleuchtet wird, so wird es auf der kugeligen Oberfläche des Sehorganes in der Beleuchtung, so in der Empfindung nur zu einer sehr unvollkommenen Scheidnng der Farbendifferenzen kommen. Ein Abschnitt der Kugel wird z. B. mehr von dem rothen, ein anderer mehr von dem blauen Lichte beleuchtet seyn. Leuchtende Puncte der Objebte werden in der Empfindung, wie in der objectiven Beleuchtung einen großen Theil des Auges einnehmen, und bei einer auch sehr geringen Mannigfaltigkeit des Lichten, Schattigen und der Farben wird nur ein mittleres farbiges Licht empfunden werden können. Es kam darauf an, das von einzelnen Puncten der Gegenstände ausgehende, die kuglige Retina allerseits beleuchtende Licht auf dieser letztern wieder auf einzelne Puncte, wie in dem äußern Gegenstande, zu sondern und zu beschränken; dieß konnte auf die früher entwickelten beiden Arten geschehen. Wenn einer bestimmten Stelle der Netzhaut auch nur Licht von einer bestimmten Stelle des Objectes zukommen kann, allen anderen Theilen der Netzhaut dieses besondere Licht ausgeschlossen wird, so ist dadurch ein Bild gegeben. Dieß geschieht in den zusammengesetzten Augen der Insecten und Krebse durch die zwischen den Fasern des Sehnerven und den Facetten der Hornhaut gelegenen, mit beiden durch ihre Ex-

tremitäten verbundenen, an ihren seitlichen Wänden mit Pigment bekleideten, durchsichtigen Kegel. Jeder dieser um eine convexe Nervenmasse peripherisch gestellten Kegel läßt nur dasjenige Licht zu der Faser des Sehnerven, mit welcher er an seiner Spitze verbunden ist, was unmittelbar durch die Achse des Kegels einfällt. Alles andere von demselben Puncte ausgehende, auf die Hornhaut schief einfallende Licht wird nicht die untere Extremität der Kegel erreichen und deshalb nicht zur Perception von anderen Fasern des Sehnerven kommen; es wird, schief einfallend, von den mit Pigment bekleideten Wänden der nur in der Achse durchsichtigen Kegel absorbirt werden.

Taf. VIII.

stellt einen Durchschnitt des zusammengesetzten Auges dar, um die Beleuchtung, wie wir sie uns denken, anschaulich zu machen.

A. Die in der Achse durchsichtigen, an den Seitenwänden mit Pigment bekleideten Kegel.

B. Die mit Pigment bekleideten Sehfasern, in Verbindung mit den untern Extremitäten der durchsichtigen Kegel.

C. Der Bulbus des Sehnerven, von welchem die Sehfasern ausgehen.

E. Die Peripherie des Auges mit den Facetten der Hornhaut.

Wenn nun von den Puncten a, b, c, d verschiedenfarbiges Licht auf das Auge einfällt, so wird der Kegel h von dem in seinem Radius einfallenden Lichte d ganz durchleuchtet werden; alle anderen seitlichen Kegel außer der Linie m d werden nicht bis in ihre untere Extremität von

dem Lichte d durchleuchtet, und zwar dringt das von d ausgehende Licht um so weniger in das Innere der seitlichen Kegel ein, je mehr sie von der Linie m d entfernt liegen. Die dem Kegel h entsprechende Sehfaser m wird also von dem Lichte d afficirt, während dasselbe Licht d, von den mit Pigment bekleideten seitlichen Kegeln absorbirt, die außer der Linie m d liegenden seitlichen Sehfasern unberührt läßt. Das farbige Licht d kommt also nur in der Sehfaser m zur Perception. So beleuchtet das von c ausgehende Licht, die Kegel g bis auf den Grund durchscheinend, nur die diesen entsprechenden Schfasern l, und keine anderen seitlichen. Und ebenso kommt das Licht b durch die Kegel f nur in den Sehfasern k, das von a ausgehende farbige Licht durch den Kegel l nur in der Sehfaser i zur Empfindung.

Auf diese Art objectivirt sich das von den Puncten a, b, c, d allseitig ausgehende verschiedenfarbige Licht in dem Auge auch zu einem specificirten dem leuchtenden Objecte entsprechenden Bilde im Innern des Auges. Dasselbe gillt von allen zwischen a, b, c, d gelegenen leuchtenden Puncten. Jede Sehfaser mit ihrem besondern Gesichtseindrucke theilt diesen dem Bulbus des Sehnerven mit; und indem sich die früher durch Pigment getheilten Sehfasern zum Bulbus des Sehnerven vereinigen, zu einer continuirlichen Ausbreitung der Nervenmasse zusammentreten, so verbinden sich auch die einzelnen Eindrücke der einzelnen Sehfasern in dem Bulbus des Sehnerven zu einem continuirlichen Bilde in der Affection. Von ferneren Gegenständen wird das Licht zwar immer mehr als einen Kegel und namentlich denjenigen, in dessen Achse es einfällt, durchleuchten, und es wird also jedem äußern leuchtenden Puncte nicht so sehr ein innerer beleuchteter Punct des Auges, als vielmehr ein kleiner Zerstreuungskreis entsprechen. Allein es muß dennoch zu einem undeutlichen Bilde

im Innern des Auges kommen, dessen Bestimmtheit um so mehr zunimmt, je näher das Object dem Auge ist, oder je schiefer das Licht auf die außer dem senkrecht durchleuchteten Kegel liegenden Theile des Auges einfällt.

Je mehr nun ferner der durchsichtigen Kegel in einem Kugelabschnitte des Auges bestimmter Größe sind, um so bestimmter wird die Begrenzung des Bildes im Innern des Auges werden; dieselbe wird ebenso auch zunehmen, je länger die Kegel, oder je weniger das schief einfallende Licht bis zu den Sehfasern der seitlichen Kegel einzudringen vermag. Die Dipteren und Neuropteren, deren Augen viele tausend Facetten der Hornhaut und ihnen entsprechende Kegel haben, müssen sich vor den übrigen Insecten aus eben diesem Grunde, und nicht wegen der Größe ihrer Augen, durch ein schärferes Gesicht auszeichnen. Die Größe der Augen bestimmt aber die Größe des Gesichtsfeldes. Jede Facette und jeder Crystallkegel entspricht einem bestimmten Theile des Horizontes, und das ganze Auge entspricht einem so großen Theile des Horizontes, als der Kugelabschnitt des Auges Theile der Kugel, welcher er angehört, einnimmt.

Diese Art des Sehens ist freilich immer sehr unvollkommen und undeutlich, aber für den Lebenshaushalt der Insecten hinreichend. Auch wird die Menge des Lichtes, welches zur Specification des Bildes das Innere des Auges beleuchtet, nur sehr gering seyn. Allein diese geringen Unterschiede heben dennoch das Sehen nicht auf; denn auch die leisesten Affectionen wird der Sehnerve in den Energieen des Lichten und des Farbigen empfinden. Auch wir sehen die Gegenstände nie anders als in einer scheinbaren Beleuchtung; wir nehmen von dem Lichte, welches von jedem Puncte des Gegenstandes ausströmt oder reflectirt wird, nur so viel in das Auge auf, als die Pupille zu fassen vermag, und dennoch ist bei der

kleinsten Oeffnung der Pupille, wenn wir sehr nahe helle Gegenstände betrachten, oder in dunkeln Räumen die geringste Menge des Lichtes zur Unterscheidung der allgemeinen Begrenzung hinreichend. Ja nur eine sehr mäßige Beleuchtung bei einer mittleren Oeffnung der Pupille ist der Gesundheit unseres Sinnes gemäß; denn bei einer großen durch Belladonna erweiterten Pupille erscheinen auch die sonst mäßig erleuchteten Gegenstände blendend. Wo Lichtempfindung überhaupt statt findet, werden auch die räumlichen Unterschiede lichter und schattiger oder farbiger Begrenzung empfunden werden müssen, sobald nur die Bedingungen der Sonderung erfüllt sind.

Die Convexität der einzelnen Facetten der Cornea wird das in der Richtung der Achse einfallende Licht als brechendes Medium der Achse selbst zulenken und in der Tiefe des Auges zu größerer Einigung bringen. So mag es kommen, daß das den ganzen Kegel durchleuchtende Licht in der Spitze desselben, wo es die Sehfaser afficirt, punctförmig vereinigt wird, wodurch die Bestimmtheit des Bildes sehr gehoben werden muß. Die von der äußern convexen Fläche der Cornea bedingte Brechung ist aber nicht so groß, daß es zur Entstehung besonderer kleiner Bilder von jeder Facette aus kommen könnte. Nichts könnte eine deutliche Gesichtsvorstellung so sehr aufheben als eben dieß; denn wenn in der Vereinigungsweite der Facetten als linsenhafter Medien Bilder entständen, so würden alle diese nothwendig eine Umkehrung erleiden. Nicht das ganze Gesichtsfeld würde verkehrt seyn, sondern die relative Lage der Bilder aller einzelnen Facetten gegen einander verkehrt und widernatürlich. Wie also die Facetten in den zusammengesetzten Augen der Insecten oft genug fast ganz ihre Convexität verlieren, so ist ihrer vordern convexen Fläche keine andere Wirkung beizumessen, als das nach den Gesetzen der Beleuchtung divergirend in jeden

durchsichtigen Kegel einfallende Licht nach der punctförmigen Extremität desselben hin zu vereinigen.

Je dunkler das Pigment an den Wänden der Kegel, um so mehr wird der Eindruck des schiefeinfallenden Lichtes auf das Innere des Auges aufgehoben seyn. Warum aber verschiedene Pigmentlagen in den Zwischenräumen der Kegel und Sehfasern bei manchen Insecten vorkommen, dieses weiß ich nicht zu sagen. Das Pigment, welches sich in die Zwischenräume der Sehfasern fortsetzt, sich allmählig gegen den Bulbus des Sehnerven hin verlierend, hat insbesondere noch die Bedeutung, daß es die einzelnen Sehfasern sofort auch, wie die ihnen entsprechenden Kegel, isolire. Da die Sehfasern häufig nicht so sehr radial gestellt sind, sondern von den Spitzen der Kegel gegen den Bulbus des Sehnerven etwas bogenförmig verlaufen, so würde ohne Zwischenschichten des Pigmentes das in der Achse eines Kegels einfallende Licht mehrere nebeneinander liegende Sehfasern, insofern sie nicht vollkommen undurchsichtig sind, in Affection setzen können.

Größe des Gesichtsfeldes.

Da das zusammengesetzte Auge an den einzelnen Stellen immer nur dasjenige sieht, was ihm in den Achsen der durchsichtigen Kegel geboten wird, so liegt die Begrenzung des Gesichtsfeldes auch in der Fortsetzung der Ebenen, welche die Augen seitlich begrenzen. Darum ist das Gesichtsfeld um so größer, nicht je größer das Auge überhaupt ist, sondern je mehr, groß oder klein, das Auge der Halbkugel sich nähert, wobei die Größe der Kugel, welcher das Segment angehört,

nur in Hinsicht der Deutlichkeit des Sehens in Betracht kommt. Für das halbkugelförmige Auge a b Fig. 6. Taf. VI. ist das Gesichtsfeld durch die Projection des Durchmessers der Halbkugel a b begrenzt; für das Auge a o b ist das Gesichtsfeld durch die Radien c i und i h, für das noch weniger convexe Auge a n b durch die Radien e k und k g bestimmt; das am wenigsten convexe Auge a m b hat das kleinste Gesichtsfeld e l f. Wenn also der Umfang von Augen, deren Convexität verschieden ist, gleich ist, oder wenn die Kugelabschnitte der Augen gleich große Sehnen haben, so wächst die Größe des Gesichtsfeldes dieser Augen mit der Größe des Winkels, welchen die Radii sectores einschließen.

Hier sind nun die Formen der Augen genauer zu betrachten, durch welche jedesmal das Gesichtsfeld des Thieres bestimmt wird. Bilden die Augen dreieckige Viertelsabschnitte einer Halbkugel, die mit der innern Seite parallel liegen, so muß das gemeinsame Gesichtsfeld in den beiden Augen in seinem Umfange der Hälfte einer Halbkugel gleich kommen. Ist die Begrenzung der Augen elliptisch, wie bei den meisten Heuschrecken und Gryllen, oder ausgebuchtet wie bei den Saperden, so sind auch die Sehfelder elliptisch begrenzt oder ausgebuchtet.

Auch der Umfang der Bewegungen eines Thieres wird durch Umfang, Form und Lage der Augen bestimmt seyn. Götze*) bestrich die zusammengesetzten Augen einer Vespa crabro mit einem undurchsichtigen Firniß, und das Thier flog nur senkrecht auf, in welcher Richtung allein ihm durch die einfachen Augen auf der Höhe des Kopfes ein kleines Gesichtsfeld gesichert war. Er bedeckte das zusammengesetzte Auge der einen Seite, und das Thier flog immer nach der Seite zu, in welcher es allein sah.

*) Belehrung über gemeinnützige Natur- und Lebenssachen. 1794 S. 42.

In den Versuchen von Reaumur *) erhoben sich die Bienen nicht mehr aufwärts, wenn ihnen der hintere Theil des Kopfes mit undurchsichtigem Firniß bedeckt worden.

Wenn diese Bemerkungen mit der Natur übereinkommen, so haben die Neuropteren mit halbkugelförmigen seitlichen Augen ein Sehfeld, welches fast dem ganzen kreisförmigen Horizonte entspricht. Dahin gehören die meisten Neuropteren, Aeschna, Libellula, Agrion, Hemerobius. Bei einer neuen Gattung der Neuropteren, Holomma überschreiten die Augen nach hinten sogar die Grenzen einer Halbkugel, wodurch also außer einem kreisförmigen Horizonte auch der hintere Theil des Körpers in den Gesichtskreis fallen muß. Den Neuropteren, welche sich am meisten durch den Umfang und die Bestimmtheit ihrer Flugbewegungen auszeichnen, nähern sich die Tagschmetterlinge, die Hesperien, die Bombyces, die Sphingen, unter den Wanzen die Hydrometren und Ranatren, unter den Käfern mit fadenförmigen Fühlhörnern namentlich Carabus, Calosoma, Cychrus, Brachynus, Necydalis, bei welchen letzteren die Augen schon mehr nach unten liegen, indem die Beziehung des Fluges sich verliert, unter den Käfern mit perlförmigen Fühlhörnern Lema, Lampyris, unter den Käfern mit keulenförmigen Antennen Apate, Trichodes, unter denen mit cylinderförmigen Antennen Sagra. Diejenigen Insecten, bei welchen sich die Augen, mehr vorne liegend, fast erreichen, durch einen nur schmalen Zwischenraum getrennt, werden auch nur vorne und zwar im Umfange einer theilweisen oder ganzen Halbkugel sehen, wie die Cicadarien unter den Hemipteren, und unter den Wasserwanzen Naucoris und Notonecta mit dreieckigen Kugelabschnitten der Augen; die Bewegungen dieser Wasserwanzen sind ihrem Gesichtsfelde gemäß stoßend immer in der Richtung nach vor-

*) Mem. cet. T. V. p. 287.

wärts. Hierher gehören ferner viele Dipteren, wie Mydas, Dasypogon, Laphria, Asilus, Stratiomys. Umgekehrt sind bei den Tanzfliegen, Empidiae die Augen sehr auseinanderstehend. Bei den übrigen Dipteren betragen die Augen vorn und seitlich mehr als $^3/_4$ einer Halbkugel.

Dagegen haben die meisten Hymenopteren nur schmale längliche Abschnitte der Augen, deren größter Durchmesser von oben nach unten ist, wit z. B. die Grabwespen, die Hornisse; diesen müssen eben so schmale Gesichtsfelder entsprechen. Die Flugbewegungen dieser Thiere sind meist unruhig, unbestimmt, tanzend, weniger in der Breite ausgedehnt, aber bei vielen bedeutend in die Höhe. Hymenopteren sind von Reisenden auf den höchsten Gebirgen gefunden worden. Deluc fand Insecten der Gattung Culex auf einer Höhe von 1560 Toisen. Es scheinen Hymenopteren gewesen zu seyn, welche A. v. Humboldt auf dem Chimborasso in einer Höhe von 2850 Toisen schwirren sah.

Größere Gesichtsfelder, nach Maßgabe größerer Kugelabschnitte der Augen, haben von den Hymenopteren nur vorzugsweise Bembex, Tenthredo, Sirex. Die Geschlechtslosen und Weibchen unter den Hymenopteren haben oft kleinere Augen, die in der Mitte durch einen größern Zwischenraum getrennt sind, als bei den Männchen, wie z. B. die Arbeitsbienen.

Mit den langgezogenen schmalen Augen der Hymenopteren kann man die ausgebogenen Augen der Bockkäfer vergleichen, in deren oberer Bucht die Antennen eingelenkt sind, wie bei Cerambyx, Callidium, Molorchus, Lamia, Saperda.

Bei den meisten Orthopteren gehört der Abschnitt der Augen einer sehr großen Kugel an, ist darum flach und bedingt ein kurzes Gesichtsfeld, womit die Bewegungen dieser Thiere und namentlich auch die schwirrenden fast ängstlichen Flugbewegungen der Heuschrecken übereinkom-

men. Convexere Augen kommen nur bei den fleischfressenden Mantiden vor, und ausserdem bei Acrydium, Acheta, Gryllotalpa.

Ueber die Formverschiedenheiten der Augen bei den einzelnen Gattungen hat Marcel de Serres sehr fleißige Beobachtungen in Tabellen angelegt, obgleich er auf seinem Standpuncte zu allgemeinen Betrachtungen sich nicht erheben konnte, und bei unrichtigen Praemissen von dem Sehen der Insecten zu manchen unfruchtbaren Excursionen sich leiten ließ.

Beispiele von der Lage der Augen am untern Theile des Kopfes sind selten. Dahin gehört Onitis. Mehr nach unten liegen die Augen ferner bei der Ordnung der Palpicornes unter den Pentameriden, wie bei Hydrophilus, auch bei der Ordnung der Lamillicornes. Bei einigen Insecten mit seitlichen Augen ist aber nur der untere Theil vorzugsweise dem Lichte ausgesetzt, weil der obere durch einen Vorsprung des Halsschildes ganz bedeckt ist, wie bei den Lampyriden und den Schaben, unter diesen namentlich bei Blatta gigantea und B. colossea.

Dagegen sind die Augen viel häufiger fast ausschließlich auf dem obern Theile des Kopfes gelegen, wie fast in derselben Linie die äußerlich runden, innerlich dreieckigen Augen der Forsicula, welcher bei ihrem unterirdischen Leben das von oben einfallende Licht von besonderer Wichtigkeit seyn muß. Scheibenförmig liegen die Augen in derselben Ebene ganz auf der obern Decke des Kopfes bei den Ephemeren, welche sich durch tanzende Bewegungen im Fluge auszeichnen.

Nach hinten liegen die Augen unter den Hymenopteren bei Palarus, unter den Käfern bei Ateuchus.

Bei einigen Käfern mit blätterigen Fühlhörnern geht ein Fortsatz des Kopfschildes bald ganz, bald theilweise ringförmig horizontal über die Mitte des Auges weg, wodurch dasselbe in eine obere und untere Hälfte getheilt

wird; so bei Ateuchus Bacchus Fabr., Scarabaeus dispar; bei Sc. Momus und Sc. Hyphoeus nur als ein feiner Streifen. Auf diesem Streifen sitzen Haare. Bei den übrigen Scarabaeen, wie bei Sc. stercorarius, Sc. punctipollis, Sc. sincerus, Sc. miarophagus ist das Blättchen breiter, reicht aber nicht über das ganze Auge weg. Ist der Reif bei Lamprima wieder vollständig, so reicht er bei allen Arten von Amphicoma nicht bis zur Hälfte des Auges, ist aber, wie der übrige Körper, dicht behaart. Auch bei Anisonyx ist jener Vorsprung dicht mit Haaren besetzt. Ich habe keine Gelegenheit gthabt, das Verhalten der inneren Theile an diesen Stellen zu untersuchen. Es ist aber offenbar, daß durch jene ringförmige Decke eine entsprechende Lücke zwischen der obern und untern Hälfte des Gesichtsfeldes entstehen muß.

Bei anderen Insecten dehnt sich das Auge selbst vorsprungartig nach einer Seite aus. So muß bei den Empusen das Gesichtsfeld nach oben sich erweitern.

Unter den Krebsen wechselt die Form des Auges sehr vielfältig. Sehr häufig sind die halbkugelförmigen Augen oben ausgebuchtet, wie z. B. bei Portunus striatus. Sehr sonderbar ist die Form des Auges bei den Squillen, wo es eine an beiden Seiten abgerundete Walze darstellt. Bei einigen, wie bei Squilla Demarest. ist diese Walze in der Mitte vertieft, fast wie ein doppelter Gelenkkopf.

Deutlichkeit und Undeutlichkeit des Bildes.

Da die bestimmte Sonderung des von verschiedenen Puncten allseitig ausgehenden Lichtes die Deutlichkeit des

Bildes bedingt, so verhält sich diese bei sphärischen Augen wie die Menge der Facetten oder durchsichtigen Kegel auf gleichen Kugelabschnitten. Ein kleineres Auges, das auf demselben Kugelabschnitte eben so viel Facetten hat, als ein größeres, wird bei einem kleineren Gesichtsfelde deutlicher sehen. Eben so wird von zwei Augen, deren Breite gleich viele Grade beträgt, deren Halbmesser aber verschieden sind, die also bei gleichen Segmenten verschiedenen Sphären angehören, die Deutlichkeit des Bildes bei gleich großem Sehfelde mit der Größe der Oberfläche zunehmen. Endlich steigt die Deutlichkeit des Gesichtes im Allgemeinen mit der Länge der Kegel, wodurch die schief einfallenden Lichtstrahlen verhindert werden, die innere Nervenmasse zu erreichen.

Die Deutlichkeit steigt also mit der Größe der Kugel, von welcher die Augen Abschnitte darstellen, (nicht aber schlechthin mit der Convexität des Auges), mit der Menge und Kleinheit der Facetten und mit der Länge der durchsichtigen Kegel.

Da die Refractionsgesetze auf das zusammengesetzte Auge der Insecten nicht anwendbar sind, so fällt die Möglichkeit, das Auge für das deutliche Sehen in verschiedenen Fernen einzurichten, ganz weg. Die zusammengesetzten Augen sehen um so deutlicher, je näher das Object, oder je weniger das von einzelnen Puncten ausgehende Licht die außer dem senkrecht durchleuchteten Kegel liegenden durchsichtigen Theile, schief einfallend, durchleuchten kann.

Die Gesichtsfelder der beiden Augen.

Ich erinnere an dasjenige, was schon früher über die nothwendige Verbindung der zusammengesetzten Augen und ihrer Unbeweglichkeit gesagt worden ist. Da die durchsichtigen Kegel durchleuchtet nur dasjenige aus der äußern Gesichtswelt im dem Innern des Auges darstellen, was in der Richtung ihrer Achse liegt, so dürfen, wenn das Doppeltsehen vermieden werden soll, die Kegel beider Augen nie eine convergirende Stellung gegen einander haben; sonst würde dasselbe Object in beiden Augen erscheinen, und zwar bei verschiedener Ferne mittlerer Gegenstände auch an verschiedenen Stellen der Gesichtsfelder. Daher bilden die Umrisse beider Augen nach vorn immer nur ergänzende Theile einer und derselben Kugel.

Wenn Taf. VI. Fig. 7. a b parallel mit c d, so stellen die verzeichneten Curven alle möglichen und in der Natur vorkommenden Formen der zusammengesetzten Augen in ihrer gegenseitigen Lage dar. Bilden die beiden Augen zwei Halbkugeln, wie z. B. bei Hemerobius perla so sind die Durchmesser oder Ebenen derselben a b und c d immer so gelegen, daß sie entweder parallel sind, oder nach vorne verlängert divergiren. In dem erstern Falle sind a o und o c die Achsen der vorderen äußersten Kegel an den Rändern beider Augen, sie bezeichnen also auch die Grenzen der beiderseitigen Gesichtsfelder, und was von dem einen Auge, kann nicht von dem andern gesehen werden. Bei den wenigsten Insecten sind die Augen vollkommene Halbkugeln; sind sie aber sphärisch, so sind sie immer Abschnitte der Halbkugeln a b und c d, und immer bezeichnet der Radius sector die Grenze der vollkommen differenten Gesichtsfelder. So sind, wenn das Auge in Lage und Größe mit m a o con-

gruirt, m o und a o die Marklinien des Gesichtsfeldes. Für das Auge n a o sind es die Linien n o und a o, für das Auge o q p die Linien o q und o p. Nie aber werden die Halbkugeln oder Kugelabschnitte über die parallelen Linien a b und c d nach vorne und innen verlängert seyn, wie z. B. bis e und f. Denn in diesem Falle müßten die in den Sehwinkeln a o e und c o f liegenden Gegenstände beiden Augen, und also doppelt erscheinen.

Anderseits bestimmen die Linien a y b und c x d Abschnitte von Ellipsen, deren Scheitelpuncte oder größte Krümmungen etwas nach vorn fallen, wie sie in den Formen der Augen vieler Insecten z. B. bei den Mantiden und bei den Gattungen Lema, Donacia vorkommen. Die Linien a u b und c u d sind Umrisse elliptischer Augen, deren Scheitelpuncte in der Mitte der Augen seitlich liegen. Die Linien u o, n o, q o, p o sind die Sectoren von Augen, welche Abschnitte von Ellipsoiden darstellen, wie von a u o, a y n, o c u. Auch in diesen Fällen convergiren die Sectoren nie, so daß überhaupt in keinem Falle ein mittleres Object in Radien von beiden Augen zugleich gesehen werden kann. In der That habe ich bei einer mühsamen und fleißigen Vergleichung der Lage der Augen bei einer sehr großen Menge von Insecten, selbst da, wo die Augen, wie bei den Dipteren, mehr beisammentreten, niemals eine Convergenz der Augen in der vordern Ebene des Kopfes bemerken können. Bei meinen anderweitigen Studien in dem entomologischen Museum zu Berlin bin ich in der Regel bei allen Insecten, deren Bildung ich untersuchte, auf diesen Punct aufmerksam gewesen. Die Gattungen Lema und Donacia mit elliptischen vorstehenden Augen machen nur bei dem ersten Anscheine eine Ausnahme. Wenn die Augen mehr nach vorne als zu den Seiten liegen, wie unter den Dipteren bei Laphria, Dasypogon, Asilus, Stratiomys,

Mydas, ferner unter den Hemipteren bei den Wasserwanzen Naucoris, Notonecta, dann treten die Augen dicht zusammen, bilden aber nur Abschnitte einer und derselben Kugel. Auch wo das Auge mehr als die Hälfte einer Kugel umfaßt, wie bei einigen Neuropteren und vorzüglich bei einer neuen Gattung Holomma, geschieht dieß ohne Abbruch. Eben so wenig kommen die Gesichtsfelder der einzelnen Augen in Collision, wo mehr als zwei zusammengesetzte Augen vorhanden sind. Bei der schon erwähnten Ephemere mit zwei scheibenförmigen Augen auf der Oberfläche des Kopfes und zwei seitlichen converen Augen begegnen sich die Ebenen nicht, welche die Augen begrenzen. Eben so wenig bei Ascalaphus, wo die doppelten Augen auf jeder Seite übereinander wegzutreten scheinen.

Nur bei den Krabben und Schaufelkrebsen sind die Augen auf Stielen beweglich. Dadurch haben sie die Beziehung des tastenden Gliedes zur Außenwelt; sie ändern aber ihre Divergenz nicht nach der Entfernung der Objecte, sie haben keine combinirten Bewegungen, wie die Augen der Wirbelthiere. Bei den Krebsen mit länglicher Form des Körpers stehen die Augen nahe aneinander und divergiren nur wenig; umgekehrt bei den Krebsen, bei welchen die Breitendimension vorherrscht, bei den eigentlichen Krabben. Ganz seitlich an dem spitzigen Kopfe liegen die Augen bei der Gattung Maja.

Nähe und Ferne der Gegenstände.

Je näher ein Gegenstand dem Insectenauge ist, um so größer ist die Menge des Lichtes, welche dem senk-

recht durchleuchteten Crystallkegel zukommt, um so schiefer fallen die Lichtstralen auf die peripherischen Facetten und Kegel. Das Bild ist also aus doppelten Gründen um so deutlicher, je näher sein Gegenstand. In dem linsenhaften Auge der höheren Thiere kann Helligkeit mit Undeutlichkeit des Bildes verbunden seyn, sobald der Gegenstand bei einer sehr weiten Pupille und bei einem unrichtigen Refractionszustande der brechenden Medien betrachtet wird. Dieß fällt bei den zusammengesetzten Augen weg, wie überhaupt eine bewegliche Fernsichtigkeit und Nahsichtigkeit und die in der Pupille bedingte Veränderlichkeit der scheinbaren Beleuchtung. Auch kann es von dem Baue der zusammengesetzten Augen gar nicht abhängen, daß die einzelnen mehr fernsichtig oder nahsichtig sind. Ein Auge, was in der Ferne am besten steht, sieht auch in der Nähe am deutlichsten. Unvollkommene zusammengesetzte Augen von kleinem Umfange, großen Facetten, kleinen Crystallkegeln, hellen Pigmenten müssen in der Nähe noch schlechter als in der Ferne sehen. Das fernsichtigste Insectenauge ist auch das scharfsichtigste bei dem größten Umfange, bei der größten Menge sehr kleiner Facetten, bei großen Krystallkegel nnd dunkeln Pigmenten. Da nun die zusammengesetzten Augen nicht die Bestimmung für eine gewisse Ferne haben, die linsenhaften einfachen Augen keiner innern Veränderung fähig, nur in einer bestimmten Ferne deutlich sehen, so ergiebt sich die Nothwendigkeit der Verbindung der einen und anderen bei gewissen Insecten.

Scheinbare Größe der Gegenstände.

Bei einer converen Cornea, welche ein Abschnitt einer regelmäßigen Kugel ist, und deren Convexität concentrisch

mit der Convexität des Bulbus des Sehnerven, verhalten sich die scheinbaren Größen der Gegenstände, wie auch bei den linsenhaften Augen, wie ihre Sehwinkel oder wie die Winkel der Radien, in deren Kegel die Begrenzung der Objecte fällt. Gegenstände verschiedener Ferne aber gleichen Sehwinkels erscheinen also gleich groß. Viele zusammengesetzte Augen sind aber nicht vollkommen sphärisch; die Convexität der Cornea erhebt sich ellipsoidisch oder kegelförmig über die Sphäre des Bulbus des Sehnerven. So sind die Augen der Libellenlarven unvollkommen sphärisch, so die Augen von Donacia, Lema und einigen Mantiden elliptisch.

Diese Bildung verdient eine besondere Berücksichtigung. In Fig. 8. Taf. VI. sey D d e E die ellipsoidische Cornea des seitlich liegenden Auges, C sey die Convexität des Sehnervenbulbus, A B die Gesichtssphäre des Auges. Wenn nun die Sehfasern allseitig von dem kugligen Bulbus des Sehnerven dicht neben einander entspringen, so wird, wie ungleich sie sich auch gegen die Crystallkegel einer ellipsoidischen Hornhaut verlängern, oder wie ungleich ihre Entfernungen von einander an ihren äußeren Extremitäten sind, das von den einzelnen Sehfasern Aufgenommene doch nur nach der Contiguität der Sehfasern an ihrem Ursprunge räumlich neben einander angeschaut werden können. Wenn also n i = i k = k l = l m, so muß das Licht, welches die Sehfasern t h, u i, v k, w l, x m trifft, in der Anschauung nach der Contiguität von h i k l m erscheinen. Wenn nun die auf der ellipsoidischen Cornea aufstehenden durchsichtigen Kegel gegen die aus dem sphärischen Sehnervenbulbus entspringenden Sehfasern schief gerichtet seyn müssen, so werden gleiche Räume der Facetten und Kegel ungleiche Theile des Bildes in der Contiguität der Sehfasern im Bulbus des Sehnerven zur Anschauung bringen. Nämlich wenn a b =

b c = c d = d c = e f gleich viel Facetten und Crystallkegel enthalten, so nehmen a b, b c, c d, d e, e f die Theile n o, o p, p q, q r, r s des Horizontes auf, welche Theile ungleich seyn müssen. Einem solchen Auge müssen also die sehr ungleichen Räume p q und q r ganz gleich erscheinen, da die den Theilen der Cornea c d und d e entsprechenden Theile des Bulbus oder der Sehfasern an ihrem Ursprunge i k, k l gleich sind. Ungleiche Theile des sphärischen Horizontes A B müssen, wenn unsere Voraussetzungen richtig sind, einem ellipsoidischen Auge, in gleichen Größen erscheinen. Dasselbe ist mit allen Gegenständen der Fall, welche dieselben Sehwinkel mit den Gegenständen des Horizontes A B heben, wie n α, $\beta\gamma$, $\gamma\delta$.

Wenn aber gleichen Theilen des sphärischen Horizontes ungleiche Theile des Auges entsprechen, so müssen auch diejenigen Theile undeutlicher erscheinen, deren Bilder von den wenigsten Crystallkegeln aufgenommen werden können, wie in dem erhabensten Theile des ellipsoidischen Auges. Demnach müßte die Deutlichkeit des Gesichtsfeldes gegen die Höhe des ellipsoidischen Auges abnehmen.

Größe der Augen und Größe der Thiere.

Bei den	ändert die Größe des Körpers zur Größe des Auges wie :
Coleopteren	571—1867 : 100,
Neuropteren	600—2000 : 100,
Lepidopteren	533—1350 : 100,
Hemipteren	500—1800 : 100,
Orthopteren	950—2100 : 100,

Hymenopteren	433— 900 : 100,
Dipteren	400— 766 : 100,
Apteren	1400—3000 : 100.

Mehr habe ich aus den Messungen von Marcel de Serres, die in großer Ausdehnung sehr fleißig, aber ohne Plan und Aussicht angestellt sind, nicht machen können.

Es ist merkwürdig, daß die Augen bei den Insecten derselben Gattung so sehr an Gestalt, Convexität, Größe sich unterscheiden. Von dieser Thatsache habe ich schon früher mehrere Belege aus der Ordnung der Orthopteren und namentlich aus der artenreichen Gattung der Gryllen angeführt. Diese Verschiedenheiten sind, bei den Orthopteren insbesondere, so groß, als bei den Wirbelthieren mit linsenhaften dioptrischen Augen die Divergenz der Augen bei verschiedenen Arten derselben Gattung. Bei den Gryllen sind die Augen bald groß, bald klein, oval und rund, convex und platt, u. s. w.

Diese Unterschiede kommen auch bei den Krebsen vor. In der Gattung Astacus kommen die relativ größten Augen bei der kleinen Art A. Norvegicus, die relativ kleinsten Augen bei dem gigantischen Seekrebse vor.

Ob die Facetten mit der Größe des Auges in der Größe zunehmen, so daß sie auf einem kleinen Felde der Augen um so zahlreicher sind, ist mir unbekannt.

Die lichtscheuen Insecten.

Marcel de Serres behauptet, daß die Augen der lichtscheuen Insecten ohne Pigment seyen. Diese Angabe

ist nicht richtig. Treviranus sah ein violettes Pigment zwischen den durchsichtigen Kegeln bei Blatta orientalis. Aber das Pigment ist bei den Schaben freilich heller. Dagegen haben die lichtscheuen Schmetterlinge durchaus dunkle Pigmente, wie denn auch Serres diesen seinen sogenannten dunkeln Ueberzug der Cornea zuschreibt, welcher nichts Anderes ist, als die äußerste Lage des Pigmentes zwischen den Wänden der durchsichtigen Kegel. Ob die Augen der lichtscheuen Käfer, wie der Tenebrionen, Blapten und Lampyriden von Pigment entblößt sind, wie Serres will, kann ich nicht entscheiden. Es ist aber sehr unwahrscheinlich. Die Insecten, welche in der Dämmerung fliegen, wie die Geotrupen, zeigen keine wesentlichen Veränderungen nach Marcel de Serres, aber der Bulbus des Sehnerven soll hier der Cornea sehr nahe seyn. Bei den Dämmerungskäfern mit blätterigen Fühlhörnern wird das Auge durch eine reifartige Fortsetzuug der Kopfbedeckungen in eine obere und untere Hälfte getheilt. Bei den Schaben bedeckt hingegen das Kopfschild die Augen auf beiden Seiten wie ein Dach vollkommen; von geringerer Größe kommt dieses Schild auch bei den Lampyriden vor. Die Lampyriden zeichnen sich außerdem durch sehr große Facetten der Hornhaut aus.

Die Wasser-Insecten.

Marcel de Serres macht darauf aufmerksam, daß die Wasserinsecten und namentlich die Wasserkäfer eine sehr convexe Hornhaut haben, er glaubt, daß sie dieser bedürfen. Diese Meinung ist eine Consequenz aus einem

schon früher gerügten Irrthume. Bei den Landinsecten ist das Auge häufig viel convexer als bei den Wasserinsecten; und es ist nicht einmal richtig, daß das Auge der Wasserinsecten im Allgemeinen conver sey. Die Wasserwanzen machen schon eine Ausnahme; bei ihnen sind die Augen nur Viertelsabschnitte einer Halbkugel. Dagegen ist die Beziehung der Größe und Lage der Augen bei den Wasserinsecten zu ihren Bewegungen nicht zu verkennen. Ich habe schon früher erwähnt, daß die dreieckigen Kugelabschnitte der Augen und ihre Lage auf der vordern Fläche des Kopfes bei den Wasserwanzen Notonecta und Naucoris das Gesichtsfeld nur auf die vordere Hälfte des Horizontes beschränken. Die Bewegungen dieser Thiere geschehen nur stoßweise vorwärts. Aber die Wasserinsecten mit sehr convexen Augen, also mit großen seitlichen Gesichtsfeldern, wie die Hydrophilen und Hydrocantharideu haben unruhige, nach allen Seiten abwechselnde Bewegungen. Uebrigens läßt sich nicht einsehen, wie der Bau des Auges der Wasserinsecten verschieden seyn müße. Die Gesetze der Brechung kommen bei den zusammengesetzten Augen der Insecten fast gar nicht in Anspruch. Man könnte höchstens convexe Facetten der Hornhaut erwarten, worüber sich aber der Schreiber keiner Beobachtungen erinnert. Daß die Wasserinsecten eine mattere und im Allgemeinen dunklere Cornea haben, so wie die Insecten, welche an dunkeln Orten leben, scheint mir nicht erheblich. Marcel de Serres behauptet, daß auch bei den Wasserinsecten der Bulbus des Sehnerven der Hornhaut näher liege. Auch darüber habe ich keine Beobachtungen.

Die fleischfressenden und die pflanzenfressenden Insecten.

Marcel de Serres bemerkt sehr richtig, daß die fleischfressenden Insecten sehr convexe Augen haben, wie unter den Käfern Anthia, Scarites, Calosoma, Carabus; nur glaubt er irrig, daß diese deutlicher vermöge jener Bildung sehen. Die fleischfressenden Insecten müssen einen großen Umfang des Gesichtsfeldes haben, um ihre Beute, die ihnen immer einzeln geboten wird, zu erkennen; sie haben aus diesem Grunde zumeist sehr convexe Augen, wie die fleischfressenden Wasser- und Erdkäfer, die fleischfressenden Gattungen unter den Mantiden, Empusa, Mantis, Mantispa, die Insectenfressende Acheta mit mehr convexen Augen unter den Springern. Vielleicht gehört es auch hierher, daß sich die fleischfressenden Insecten besonders durch eine große Beweglichkeit des Kopfes auszeichnen.

Larven, Chrysaliden und vollkommene Insecten.

Von den Insectenlarven mit einfachen Augen ist früher Rede gewesen. Hier nur von den zusammengesetzten Augen derselben. Unter den Insecten mit unvollkommener Metamorphose haben die Orthopteren in allen Zuständen der Entwickelung dieselbe Bildung der zusammengesetzten Augen, ihre Cornea häutet. Wahrscheinlich ebenso die Hemipteren. Doch sind die großen Augen der Cicadenlarven ganz ohne Facetten, glatt. In diesem Zustande sind

die einfachen Augen auch nur durch kleine weiße Flecken angedeutet. Auch die Hemipteren legen in ihrer Metamorphose mit ihren Exuvien eine Hülle der Cornea ab, wie ich mich bei Nepa cinerea überzeugt habe. Die im Wasser lebenden Neuropteren haben zusammengesetzte Augen, nur von kleinerem Umfange und glanzlos. Im Nymphenzustande werden diese zuerst glänzend, wie schon Reaumur bemerkte. Uebrigens kommen nach Marcel de Serres keine wesentlichen Unterschiede den zusammengesetzten Augen der Neuropteren im Zustande der Larven von denen der entwickelten Insecten zu.

Ich habe die zusammengesetzten Augen einer Nymphe von Stratiomys, die ich in ihrem Gehäuse fand, untersucht; die Bildung war ganz die der vollkommenen Insecten. Nur war das Pigment noch hell violettroth und die ganze Bildung noch weich.

Untersuchungen über die Bildung der zusammengesetzten Augen in der Metamorphose bei den Insecten, welchen sie im Larvenzustande fehlen, vermissen wir noch. Gewiß ist dieser Gegenstand der größten Aufmerksamkeit werth, und verspricht für die sonst so weit schon gediehene Physiologie der Metamorphose die schönsten Ergebnisse.

Wachsthum.

Bei den Insecten mit vollkommener Metamorphose, bei allen, welche in dem Zustande der Nymphe erst zusammengesetzte Augen erhalten, wachsen diese über die Periode ihrer Bildung nicht mehr. Aber die zusammengesetzten Augen der Orthopteren und Hemipteren, der Larven einiger Neuropteren wachsen von Jugend auf mit dem Körper

gleichmäßig. Diese Thiere legen mit dem Häuten auch eine Hülse der Cornea ab. Dasselbe ereignet sich bei allen Crustaceen. Bei Monoculus apus sind die Facetten nach Schäffer's Beobachtung noch mit einer glatten glänzenden Hornhaut überdeckt, die mit dem Häuten abfällt. Wenn dieß geschieht, ist die neue Lamelle schon über den Facetten in der Anlage erkennbar. Andre sah an einem Moluckischen Krebse (Limulus Polyphemus), daß die äußere obere Hornhaut schon von der innern untern getrennt war. Wie nun die unzähligen feinen inneren Theile mit dem Thiere von dem Ei auf wachsen, sowohl bei den Orthopteren und Hemipteren und den Larven einiger Neuropteren, als auch bei den Krebsen, hüten wir uns wohl zu sagen.

Männchen, Weibchen und Geschlechtlose.

Wir erinnern im Allgemeinen an die überwiegende Größe des Weibchens bei den Insecten überhaupt. Bei den Gespenstheuschrecken mißt das Männchen kaum die Hälfte des Weibchens in Dicke und Größe. Ob bei dieser Verschiedenheit die Größe des Auges als Kugelabschnitt bei dem Weibchen wächst, oder ob die in der Größe verschiedenen Augen der Männchen und Weibchen doch nur gleiche Segmente von Kugeln verschiedenen Durchmessers sind, ob die Größe und Zahl der Facetten in beiden Geschlechtern gleich, darauf habe ich leider meine Aufmerksamkeit nicht gewendet.

Auch bei den Weibchen einiger Lepidopteren sind die Augen größer.

Dagegen sind bei den Dipteren die Augen der Männchen gewöhnlich größer, und treten näher an der innern Seite zusammen. Bei den Männchen der Gattung Tabanus nehmen die Augen fast den ganzen Kopf ein. Aehnlich bei manchen Hymenopteren, z. B. bei den Honigbienen. Die Geschlechtlosen verhalten sich in dieser Beziehung wie die Weibchen, aber die Geschlechtlosen haben selten deutliche glatte Augen, und von fünf Ameisenarten sind die Zwitter ganz blind. Mutilla sibirica mas soll außer den zusammengesetzten Augen nur ein einfaches Auge haben, das dem Weibchen ganz fehlt *).

Aus der Ordnung der Neuropteren sind bei den Tagthierchen die zusammengesetzten Augen der Männchen gewöhnlich größer als die der Weibchen, bei Ephemera Swammerdamiana noch eimal so groß. Die Männchen anderer Epehmeren wie der Ephemera diptera und Ephemera depilata, einer neuen Art unserer Gegend haben vier netzförmige Augen, nämlich zwei seitliche con-

---

*) Christ bei Schelver, a. a. O. S. 77.

**) *Ephemera depilata*, alis hyalinis, posticis minimis, corpore fusco, sine setis caudalibus, oculis supremis, depressis, durch den Mangel der Schwanzborsten bei beiden Geschlechtern ausgezeichnet. Die seitlichen convexen Augen des Männchens waren ganz von den flachen scheibenförmigen oberen Augen getrennt, nnd dunkeler. Die oberen gewöhnlichen Augen waren aufsitzend, nicht säulenförmig, wie bei dem Männchen der Ephemera diptera, welches auch vier netzförmige Augen hat. Außerdem waren noch drei einfache Aeugelchen vorhanden. Bei dem Weibchen, das nur wenig in der Färbung verschieden war, fehlten die seitlichen kugeligen Augen; die scheibenförmigen waren peripherisch durch einen gelben innern und schwarzen äußern Ring, der von dem äußersten Pigmente herrühren mußte, bezeichnet.

vere außer den gewöhnlichen scheibenförmigen auf der Höhe des Kopfes.

Einfache und zusammengesetzte Augen.

Daß die einfachen Augen die Bestimmung für die nächsten Gesichtsobjecte haben und namentlich dem Nahrungstriebe beigesellt sind, haben wir schon früher augenscheinlich gemacht; so daß die einfachen Augen in demselben Verhältnisse zu den zusammengesetzten stehen, wie die dem Nahrungstriebe geselligen Palpen den größeren Antennen. Da aber die linsenhaften Augen und also auch die einfachen Augen der Insecten ihre Bilder verkehrt auf dem Boden des Auges objektiviren, was bei den zusammengesetzten Augen, bei welchen die Refraction außer Spiel ist, nicht der Fall ist, so müßte allerdings ein Widerstreit in den Gesichtsfeldern der einfachen und zusammengesetzten Augen bei denjenigen Thieren eintreten, welche die einen nnd anderen zugleich besitzen, und man muß daher annehmen, daß die Sehnerven der zusammengesetzten Augen im Gehirn eine Kreuzung ihrer Fasern erleiden, wenn die Gesundheit des Sinnes mit der Vollkommenheit der Organbildung bestehen soll.

Der Uebergang der einfachen Augen in zusammengesetzte ist in den zn einem scheinbar zusammengesetzten Auge gehäuften einzelnen körnigen Augen der Asseln und Polypoden nicht zu verkennen.

Augen und Antennen.

Aus dem beschriebenen Baue des Auges der Insecten und aus der gegebenen Erklärung ihres Sehens ist klar, daß in ihrem Auge nicht wie in den linsenhaften Augen ein Theil ihres eigenen Thierkörpers bildlich erscheinen kann, weil alle Theile des Insectenkörpers außer den Radien seiner Augen liegen. Nun ist aber für den Sinn des Thieres und für seine Lebensäußerungen von der größten Wichtigkeit, daß es sich unter dem Wechsel der Sinnesausdrücke, welche ihm durch das Gesicht von äußeren Gegenständen kommen, als ein Bleibendes in allen Sinnesvorstellungen erkenne, daß das Thier, in der Bewegung wie in der Ruhe begriffen, sich selbst im Auge erscheine. Das zusammengesetzte Auge sieht aber bei den meisten Insecten, vermöge seiner Lage und seiner Begrenzung, von dem Körper, welchem es angehört, nichts als die Antennen in ihren Bewegungen; und so hätten wir auf eine wichtige Beziehung der Antennen hingewiesen, die bis jetzt ziemlich fern lag, wenn sie auch nicht die alleinige Function derselben ist.

Augen und Glieder.

Zusammengesetzte Augen und Unbeweglichkeit derselben sind, wie ich bewiesen zu haben glaube, aus physiologischen Gründen eng mit einander verbunden. Nur bei zwei Ordnungen der Crustaceen, den Krabben und Schaufelkrebsen, werden die zusammengesetzten Augen zu beweglichen Gliedern mit der Beziehung des Tastens, ohne jedoch in

ihren Bewegungen, wie bei den Wirbelthieren, combinirt zu seyn. So wie nun die combinirten Bewegungen der Augen in der Breite oder die Beweglichkeit des Gesichtsfeldes durch die Bewegung der Augen untergeht, scheinen die Bewegungen der Augen durch die allgemeinen Bewegungen eines vielgliederigen Körpers ersetzt zu werden.

VIII.

Fragmente

zur

Farbenlehre,

insbesondere

zur Goetheschen Farbenlehre.

1. Die Farbenlehre vom Standpuncte der Physiologie.

2. Physiologische Farben.
   Schwarze und weiße Bilder zum Auge. — Helligkeit und Dunkelheit der Blendungsbilder.

3. Physische Farben.
   Bedingnngen der Farbenentstehung. — Dioptrische Farben durch trübe Mittel. — Dioptrische Farben durch Refraction. — Achromasie nnd Hyperchromasie. — Achromasie des Auges.

4. Chemische Farben.
   Verbreitung der Farben unter den Insecten. — Larven und vollkommene Insecten. — Klimatische Verbreitung. — Form und Farbe.

1. Die Farbenlehre vom Standpuncte der Physiologie.

Daß wir die Farben nicht aus dem elementarischen Lichte sich sondern lassen, und daß wir der Vorstellung nicht zugethan sind, welche das Licht als das Zusammengesetzte der Farben betrachtet, wird aus den bisherigen Untersuchungen nur allzuklar seyn. Vom Standpuncte der Physiologie, welche in diesen Dingen zuerst gehört zu werden verdient, haben wir Recht zu sagen: das Licht und die Farben sind nie ein sinnlich empfindbares Aeußeres, sondern immer ein sinnlich Empfundenes, die Energieen der Sinnlichkeit selbst. So wie nun jedwede Art von äußerem (chemischen, galvanischen, electrischen, mechanischen) oder innerem organischen Reiz dem Sehorgane das ihm Immanente, Licht und Farben entlockt, so erregt insbesondere in diesem die Lichtempfindung dasjenige, welches wir äußeres elementarisches Licht nennen, dessen wesentliche Wirksamkeit außer den Gesetzen seiner Bewegung wir aber nicht kennen, indem uns fast nur die Reactionen organischer Körper gegen dasselbe in organischen Energieen als Leuchten, Farben, Wärmeempfindung, Wachsthum, u. s. w. bekannt sind.

Die Farbe entsteht in dem Sehorgane auf gar leichte Weise durch Veränderung des Reizes, wie des Druckes, der Friction, und insbesondere immer, wenn sich das Auge aus starker Affection, welche es leuchtend empfunden hat,

bis zur Anschauung seiner eigenen Ruhe in dem sinnlich Dunkeln erhohlt.

Die Farbe entsteht auch durch Veränderung desjenigen Elementarischen, welches, wenn es das Auge nach den Gesetzen seiner Bewegung afficirt, Licht genannt wird. So wenig aber das sinnliche Licht diesem Elementarischen selbst zukommt, eben so wenig kommt ihm die Farbe als Sinnlichkeit zu. So viel nur können wir sagen: wenn wir durch jenes Elementarische die Empfindung der Farbe haben, so ist das Elementarische auch auf irgend eine Weise verändert. Und so sind wir denn vor allen physikalischen Excursionen über die Natur des Lichtes und der Farben auf unserm physiologischen Standpuncte bewahrt, und können der physikalischen Untersuchung nur die Grenzbestimmung geben, daß sie sich der Erörterungen und Controversen über die Natur des sinnlichen Lichtes und der Farben, welche Energieen der Sinne sind, enthalte, und nur die Bewegungsgesetze des Elementarischen untersuche, welches die Lichtempfindung erweckt, sofort auch die Veränderungen desselben bestimme, unter welchen es in dem Auge nicht die Lichtempfindung, sondern die Empfindung der Farbe als Energie des Sinnes erregt.

Ich habe mehrmal von Gegnern der Goethe'schen Farbenlehre gehört, daß man im Besitz gewisser noch nicht bekannter prismatischer Versuche sey, welche die Wahrheit der Newton'schen Theorie unbedenklich erweisen, die man aber bekannt zu machen billiges Bedenken trage.

Von prismatischen Versuchen aus kann aber in alle Ewigkeit nichts über die Natur des Lichtes und der Farben entschieden werden; denn diese sind nur dem Sinne, nie dem Elementarischen selbst immanent. Der Punct der Controverse kann immer nur der seyn, von welcher Art die Veränderungen des Elementarischen sind, unter welchen statt der Energie des Lichtes, die Energie der Farbe in

dem Sehorgane erweckt wird. Statt diese Veränderungen des Elementarischen in den Brechungsphänomenen genau zu bestimmen, hat die Physik etwas ihr ganz Fremdes und nie zu ihrem Vortheil ihr Gereichendes übernommen, nämlich die Veränderungen der sinnlichen Energien auf die Veränderungen des Elementarischen zu übertragen. Die Veränderungen des Elementarischen selbst, unter welchen es (gebrochen) in dem Auge statt Licht Farbe aufruft, sind aber so lange nicht zu ermitteln, als wir das, was verändert wird, das Licht seiner ihm selbst zukommenden Natur nach nicht kennen. Von dem Elementarischen kennen wir nichts, als die Gesetze seiner Bewegung in durchsichtigen und zugleich brechenden Medien.

Das ist nun gerade bei den Physikern das Unverzeihliche an der Goethe'schen Farbenlehre, daß sie sich als einfache ungekünstelte Darlegung der Phänomene von der Seite eines mit der freiesten und unbefangensten Sinnlichkeit begabten Menschen über die Theorie der Farbe enthebt und die Ueberzeugung hegt, daß über die Natur des den Sinnen selbst Angehörenden weiter nichts gesagt werden kann, als daß es eben gesehen, gehört wird, daß aber der Versuch einer Farbentheorie schon von einer in allem Beginnen irrigen Grenzbestimmung Zeugniß geben muß. Von dieser Seite ist der Goethe'schen Farbenlehre gar nicht beizukommen; sie hat das Wenigste versprochen, indem sie uns auf das Einfache hinweißt, was wir selbst schon besitzen, aber in unrechter Erklärungssucht draußen setzen und suchen.

Ich meines Theils trage kein Bedenken, zu bekennen, wie sehr viel ich den Anregungen durch die Goethe'sche Farbenlehre verdanke, und kann wohl sagen, daß ohne mehrjährige Studien derselben in Verbindung mit der Anschauung der Phänomene selbst, die gegenwärtigen Untersuchungen wohl nicht entstanden wären. Insbesondere

scheue ich mich nicht zu bekennen, daß ich der Goethe'schen Farbenlehre überall dort vertraue, wo sie einfach die Phänomene darlegt und in keine Erklärungen sich einläßt, wo es auf die Beurtheilung der Hauptcontroverse ankommt. Und wenn ich auch in einzelnen Ausführungen und in den selbstständigen Ableitungen der Phänomene von einem Dritten, und namentlich, wo die Bewegungsgesetze des Lichtes zu wenig beachtet werden, mit dem genialen Urheber der Farbenlehre in bescheidener Bedenklichkeit nicht immer derselben Meinung seyn kann, so haben doch die Grenzstreitigkeiten, nach meinem Dafürhalten, gar keinen Einfluß auf die Ausführung des Grundgedankens gehabt, und können auch nur dort feindlich reizen, wo das Moment, worauf es allein ankommt, übersehen wird.

Wenn man aber bedenkt, daß gerade in diesen Außenseiten des Werkes das Meiste ausgesäet war, was in den Augen eines bedächtig voranschreitenden, seine Schritte sichernden und der alten bequemen Farbentheorie anhänglichen Physikers Widerspruch erregen konnte, ja selbst, wie es in der Natur der Menschen liegt, zur falschen Beurtheilung des Ganzen bei Denen häufige Veranlassung geben mußte, welche an dem Einzelnen nur sich erfreuend und das Ganze aus dem Einzelnen beurtheilend, auch dieses jenem nicht zu opfern vermögen, so muß man wünschen, daß besonders in dem Abschnitte von den dioptrischen Farben der Vortrag eine mehr wissenschaftliche, unsern nunmehrigen mathematischen Kenntnissen von den Bewegungsgesetzen des Lichtes adaequate Gestalt erhalten hätte. Die Mathematik, als Begleiterin der Phänomene, kann zwar nie zur wahren Erkenntniß derselben, ihrer innern Natur nach, etwas Wesentliches beitragen; und in diesem Betracht kann die Farbenlehre auch der Mathematik entbehren. Aber ich bin überzeugt, daß der Urheber der Farbenlehre mit mehr Beachtung des mathematischen Theiles der Optik, auch

ohne von mathematischen Bestimmungen Gebrauch zu machen, jene Aussaat für den Widerspruch und die feindliche Begegnung zum Theil vermieden haben würde.

Zu weiterer Förderung, Nachbringung des Fehlenden hat der Urheber der Farbenlehre selbst mehrfach und neuerlichst noch in den Nachträgen zur Chromatik aufgefordert. Der Freund des Wahren kann darin, wie er sich selbst ausdrückt, nicht sein Gegner werden. Nur im Bewußtseyn der früher erörterten Gründe, und in Folge dieses freundlichen Aufrufes erlaubt sich der Verfasser dieser Versuche die folgenden Bemerkungen; er freuet sich nicht an dem beiläufigen Irrthume in einem großen das Wahre erfassenden Ganzen, weil es ihm Gelegenheit giebt, scharfsinnig zu seyn, er fühlt sich nicht im Widerspruch mit der Natur, und liebt das einfache Wahre mehr als das complicirte Paradoxe. Nichts wünscht er so sehr, als daß diese Bemerkungen geeignet seyn möchten, zu zeigen, wie wenig der Gegenstand derselben bei der Beurtheilung der wesentlichsten Puncte der Farbenlehre Einfluß hat, wie sehr er Nebensache ist.

---

2. Physiologische Farben.

1.

Daß das Licht und die Farben dem Auge immanent sind, ist eine Grundansicht der Goethe'schen Farbenlehre, und dennoch finden wir den Urheber derselben, wenn von dem Verhältniß des Auges zum äußern Lichte die Rede ist, noch ganz auf dem Platonischen Standpuncte.

„Das Auge hat sein Daseyn dem Lichte zu danken. Aus gleichgültigen thierischen Hülfsorganen ruft sich das Licht ein Organ hervor, das seines gleichen werde;

und so bildet sich das Auge am Lichte, für's Licht, damit das innere Licht dem äußern entgegen trete. Hierbei erinnern wir uns der alten Jonischen Schule, welche mit so großer Bedeutsamkeit wiederhohlte: nur von Gleichem werde Gleiches erkannt, wie auch der Worte eines alten Mystikers:

Wär' nicht das Auge sonnenhaft,
wie könnten wir das Licht erblicken? u. s. w.

Jene unmittelbare Verwandtschaft des Lichtes und des Auges wird Niemand läugnen, aber sich beide als eins und dasselbe zu denken, hat mehr Schwierigkeit. Indessen wird es faßlicher, wenn man behauptet, im Auge wohne ein ruhendes Licht, das bei der mindesten Veranlassung von innen oder von aussen erregt werde. Wir können in der Finsterniß durch Forderungen der Einbildungskraft uns die hellsten Bilder hervorrufen. Im Traume erscheinen uns die Gegenstände wie am vollen Tage. Im wachenden Zustande wird uns die leiseste äußere Lichteinwirkung bemerkbar; ja wenn das Organ einen mechanischen Anstoß erleidet, so springen Licht und Farben hervor."

2.

Die Unbestimmtheit leuchtet ein. Das Auge hat einmal Licht und Farbe ohne äußeres elementarisches Licht in sich, es bedarf dazu nicht des Gleichartigen, des äußern elementarischen Lichtes, sondern, wie wir sehen, nur des mechanischen Anstosses, der Einbildungskraft. Müssen wir nicht glauben, daß auch das äußere Licht dem Auge ein Ungleichartiges, ja in Hinsicht seiner Natur durchaus Gleichgültiges ist, da wir sehen, daß, von welcher Natur das äußere elementarische Licht immer ist, es so gut wie der mechanische Anstoß

Lichtempfindung in dem Auge hervorrufen muß, wenn es nur überhaupt das Auge afficiren kann.

3.

Der Urheber der Farbenlehre enthebt sich gleich Anfangs der Untersuchung über die Natur des Lichtes und der Farben, indem er uns nur umständlich zu zeigen verspricht, wie die Farbe erscheine. Dieß mit Recht, denn das Nothwendigste war Aufgabe, einfache Darlegung aller Phänomene der Farbenwelt von Seiten des Beobachters, frei von allen, die unbefangene Anschauung fesselnden, erklärungssüchtigen Operationen. Gleichwohl wird diese Unbestimmtheit in der Folge der Untersuchung wichtig, wo das Dunkle, das Schattige, als sinnlich Objectives und zur Verwirklichung der Farbe Mitwirkendes in Betracht kommt. Das Elementarische, welches in dem Auge Lichtempfindung und nach Maß seiner Einwirkung in der Breite lichte Bilder hervorruft, kann äußerlich in seinen Bewegungen durch brechende Medien verändert werden, und der äußerlichen Veränderung entsprechen nothwendig räumliche Veränderungen des lichten Bildes in dem Sehorgane. Aber dem Dunkeln im Auge entspricht nicht wie dem Lichten ein äußeres Elementarisches; denn überall, wo das Elementarische das Auge nicht afficirt, schaut sich das Auge in seiner eigenen Ruhe dunkel an. Wenn es also dunkle Bilder nach Maßgabe der ruhenden Theile des Auges neben hellen Bildern der afficirten Theile des Auges giebt, so können zwar die hellen Bilder durch Veränderung des Elementarischen verändert werden, nicht aber die dunkeln Bilder, als welchen kein veränderbares äußeres Elementarisches entspricht. Diese Gedanken werden uns besonders wichtig für die Beurtheilung der von den dioptrischen Farben gegebenen Erklärung. Hier aber mögen wir noch eines an-

dern subjectiven Phänomenes gedenken, das uns eine andere Auslegung zu verdienen scheint.

Schwarze und weiße Bilder zum Auge.

4.

§. 15. „Wie sich die Netzhaut gegen Hell und Dunkel überhaupt verhält, so verhält sie sich auch gegen dunkele und helle einzelne Gegenstände. Wenn Licht und Finsterniß ihr im Ganzen verschiedene Stimmungen geben, so werden schwarze und weiße Bilder, die zugleich ins Auge fallen, diejenigen Zustände neben einander bewirken, welche durch Licht und Finsterniß in einer Folge hervorgebracht werden."

§. 16. „Ein dunkler Gegenstand erscheint kleiner, als ein heller von derselben Größe. Man sehe zugleich eine weiße Rundung auf schwarzem, eine schwarze auf weißem Grunde, welche nach einerlei Zirkelschlag ausgeschnitten sind, in einiger Entfernung an, und man wird die letztere etwa um ein Fünftel kleiner, als die erste sehen. Man mache das schwarze Bild um so viel größer, und sie werden gleich erscheinen."

5.

Ohne die Theilnahme des Markgebildes an dem Affecte über die unmittelbar von dem Lichte in Thätigkeit gesetzten Stellen hinaus läugnen, was mehrfache subjective Gesichtserscheinungen verbieten, so hat das größer Scheinen der hellen Bilder auch seine objectiven Gründe. Die brechenden Medien des Auges sammeln zwar das von einzelnen Puncten des Objectes radial ausgehende Licht in der Vereinigungsweite der Bilder auch wieder zu einzelnen Lichtpuncten, und diese Sammlung ist um so bestimmter, das Bild um so reiner, je mehr die Entfernung der Netzhaut

von der Linse der aus physischen Gründen nothwendig bestimmten Vereinigungsweite des Bildes sich nähert. Indessen hat diese Wirkung der brechenden Medien doch auch ihre Grenzen, und die deutliche Begrenzung der Bilder ist überhaupt eine relative. Nicht leicht möchte von allen Puncten des Objectes auch eine entsprechende punctförmige Vereinigung des Lichtes im Bilde sich darstellen. Auch bei dem schärfsten Sehen werden sich, namentlich außer der Sehachse, an den Rändern des Bildes Zerstreuungskreise des Lichtes bilden, wodurch die Ränder erweitert werden müssen. Wenn nun das Auge, wo es dem Reize des äußern elementarischen Lichtes nicht ausgesetzt ist, im Zustande seiner Ruhe sich schattig, dunkel sieht, so kann auch nie eine Erweiterung des dunkeln Bildes statt finden. Die hellen Bilder auf dunkelm Grunde wachsen also aus objectiven Gründen auf Kosten der dunkeln Umgebung. Und so sind helle Bilder auf dunkelm Grunde größer, dunkle Bilder, von lichtem Rande umflossen, kleiner. Der größere Umfang der hellen Bilder wächst aber nothwendig mit der Größe der Zerstreuungskreise, oder mit dem undeutlichen Sehen.

Helligkeit und Dunkelheit der Blendungsbilder.

6.

Die Blendungsbilder erfordern nach den Untersuchungen von Goethe und Purkinje immer noch eine genauere Ordnung des Phänomenologischen. Die folgenden Bestimmungen kommen mit der Erfahrung überein.

Das Sehen begrenzter Bilder beruht allein darauf, daß das Auge in verschiedenen Theilen der Markhaut gereizt, in anderen ruhend ist. Das geschlossene Auge sieht sich im Zustande der Ruhe ganz finster. Das vollkommen

amaurotische Auge hat aber nicht einmal die Empfindung seiner eigenen Ruhe, es hat keine Empfindung der Finsterniß vor dem Auge mehr. So ist uns auch bei geschlossenen Augen nur das Vor uns finster, und von dem, was hinter uns ist, haben wir selbst bei geschlossenen Augen nicht die Vorstellung des Finstern; sondern wir sind in Beziehung auf dieses empfindungslos. Da das Auge, wo es dunkel sieht, nicht afficirt wird, so können dunkle Bilder für sich auch nie Nachbilder erwecken.

7.

Die Umkehrung der Nachbilder beruht auf der Ungleichartigkeit eines neuen, das ganze Auge ergreifenden Lichteindruckes, oder auf der Ungleichartigkeit einer neuen Beleuchtung mit den in dem Auge gesetzten subjectiven Unterschieden der Nachbilder.

8.

In den folgenden Bestimmungen heißt das reines Nachbild, welches nach der Fixation eines Gegenstandes in dem geschlossenen Auge haftet, und nicht erst wieder durch eine neue Beleuchtung verändert worden.

9.

Das reine Nachbild eines hellen Gegenstandes in einem dunkeln Grunde ist in dem ruhenden und sich erhohlenden geschlossenen Auge hell.

10.

Das reine Nachbild eines sehr hellen blendenden Spectrums in einem minder hellen Grunde ist in dem geschlossenen Auge dunkel, weil die Retina an der geblendeten Stelle im Zustande der unvollkommenen Lähmung ist. Das Nachbild der minder hellen Umgebung behält im geschlosse-

nen Auge einen hellen Schimmer. Die überreizte Stelle erhohlt sich aus dem Dunkeln zum Hellen in den subjectiven Blendungsfarben, in der von Goethe richtig angegebenen Abstufung.

11.

Das reine Nachbild eines lichten Grundes mit dunkelm Felde gleicht dem objectiven Bilde, wobei diejenige Stelle der Retina, welche ruhend dem dunkeln objectiven Felde entsprach, in ihrer Ruhe verharrt.

12.

Alle reinen Nachbilder der geschlossenen, nicht beleuchteten Augen wechseln das Lichte mit dem Schattigen und dieses mit jenem, wenn die eröffneten Augen von einem lichten Grunde allgemein beleuchtet werden, oder wenn das intensive Tageslicht durch die geschlossenen Augenlieder durchscheint. Die Beleuchtung wirkt unter diesen Umständen auf die gereizten und ruhenden Theile des Auges gleichförmig; die immitten des Nachbildes ruhenden also sich dunkel anschauenden Theile des Auges sind empfindlich für einen neuen Lichteindruck; der allgemeine Lichteindruck macht diese Stellen leuchtend, während er den gereizten Stellen gleichartig und gleichgültig ist.

13.

Ein dunkler Grund läßt das Auge in seiner Beruhigung, kehrt also die reinen Nachbilder der eröffneten Augen nicht um. Es ist also nicht gleichgültig, auf welchem Grunde man die Nachbilder der Lichteindrücke beobachte, das Nachbild ist ungetrübt nur auf dunkelm Grunde. Die Blendungsbilder, welche, wie man sagt, auf einen lichten Grund geworfen werden, werden complicirte Phänomene.

Ich habe diese Puncte hier beiläufig erörtern wollen, weil außer diesem Gesichtspuncte in den Phänomenen der Nachbilder immer noch einiger Widerspruch obzuwalten scheint.

---

3. Physische Farben.

Bedingungen der Farbenentstehung.

14.

Da das äußere Licht nur leuchtend ist, insofern es das Auge afficirt, und dann als Energie des Auges gesehen wird, so wollen wir, um die Energie des Auges, mit dem äußern Lichte als Reiz zu dieser Energie nicht zu verwechseln, dieses Aeußere, von dem wir nur seine Bewegungsgesetze kennen, schlechthin das Elementarische nennen.

15.

Dasjenige Elementarische, welches, wenn es mit dem Auge in Berührung kommt, in ihm die Empfindung des Lichten, als Energie des Auges aufruft, erweckt, unter gewissen Bedingungen verändert, in dem Auge statt der Empfindung des Lichten die Empfindung des Farbigen, als Energie des Auges.

16.

Das Elementarische, was wir Licht nennen, erweckt die Empfindung des Lichten als Energie des Auges nur dann, wenn es in gleicher Intensität mit den afficirten Theilen der Sehsinnsubstanz in Berührung kommt.

17.

Das Elementarische, was wir Licht nennen, erweckt die Empfindung der Farbe als Energie des Auges dann, wenn das Licht die Sehsinnsubstanz nicht gleichmäßig in allen Theilen afficirt, sondern über die in ihrer Ruhe sich sinnlich dunkel anschauenden Theile des Markgebildes zerstreut wird.

18.

Das Elementarische kann im Zustande sehr geringer Intensität in dem Auge die Empfindung des schwachen Lichtes ohne Farbenerscheinung aufrufen, wenn es das Auge nur in allen Theilen gleichmäßig afficirt. Unter diesen Bedingungen entsteht die Empfindung des Grauen.

19.

Wenn aber das Elementarische nicht so sehr als geschwächt und verdünnt das Auge immer noch gleichmäßig afficirt, sondern über die in ihrer Ruhe sich dunkel sehende Netzhaut zerstreut wird, so entsteht nicht die Empfindung des Grauen, sondern die Empfindung des Farbigen als Energie des Auges.

20.

Die Entstehung der hellsten Farbe, des Gelben, als Energie des Auges, scheint bedingt: durch geringe Zerstreuung des intensiv wirkenden Elementarischen auf der in der Ruhe sonst sich dunkel sehenden Netzhaut.

Die Entstehung des Rothen als Energie des Auges scheint bedingt: durch geringe Zerstreuung des schwach wirkenden Elementarischen.

Die Entstehung der dunkelsten Farbe, des Blauen, als Energie des Auges, scheint bedingt: durch große Zerstreuung des schwach wirkenden Elementarischen.

21.

Die Uebergänge des Einen und des Andern in Oran-

gen und Violett entstehen durch Steigerung der Bedingungen.

22.

Das Grüne, als Energie des Auges, scheint zu entstehen, wo die Bedingungen der hellsten und der dunkelsten Farbe zusammenkommen, geringe Zerstreuung des intensiven und große Zerstreuung des schwachwirkenden Elementarischen, also bei einer mittlern Zerstreuung und mittlern Intensität des Lichtes.

23.

Die Bedingungen zur Zerstreuung des Elementarischen sind in den trüben Mitteln und den brechenden Medien auf verschiedene Art gegeben.

Dioptrische Farben durch trübe Mittel.

24.

Helles Licht, durch ein trübes, halb durchsichtiges Mittel gesehen, erscheint nicht mehr in der Energie des Lichten, sondern des Gelben und Rothen.

25.

Sehr geschwächtes Licht von dunkeln Gegenständen, durch trübe Mittel gesehen, erscheint nicht in der Energie des Grauen, sondern des Violetten und Blauen.

26.

Hier sehen wir also die simultane Verbindung des Affectes und der Ruhe durch die Zerstreuung dessen, was sonst die Empfindung des Lichten erweckt, auf einem in der Ruhe sich dunkel anschauenden Organe, zu denselben Phänomenen treiben, wie die successive Verbindung des Affectes und der Ruhe. Denn das von einem intensiven Lichteindrucke sich erhohlende Auge gelangt zur Ruhe oder Anschauung des Dunkeln erst durch das Abklingen der Blendungsfarben.

Dioptrische Farben durch Refraction.

27.

Die Bedingungen zur Zerstreuung des Elementarischen sind aber auch in den brechenden Medien gegeben. Wenn ein dichtes durchsichtiges Medium unvollkommen bricht, so daß es kein reines Bild wirkt, sondern am Rande das Licht zerstreut über ein in der Ruhe sich dunkel anschauendes Organ, so entsteht ein Farbensaum.

28.

Daß ein deutliches Bild durch Vermittelung eines vollkommen brechenden Mittels im Auge oder auf jeder andern Fläche entstehe, ist Bedingung, daß die das Spectrum aufnehmende Fläche in der Vereinigungsweite des Bildes in Beziehung auf das brechende Medium sey. Diese Vereinigungsweite des Bildes wechselt nach der Entfernung des Gegenstandes von dem brechenden Medium und nach der Brechkraft oder Brennweite des letztern. So wird bei einer bestimmten Entfernung des Gegenstandes von einem brechenden Medium von bestimmter Brennkraft die Vereinigungsweite des Bildes für diese Bedingungen so gefunden, wenn man das Product aus der Brennweite der Linse in die Entfernung des Gegenstandes von der Linse durch die Differenz der Entfernung des Gegenstandes von der Brennweite dividirt.

29.

Convexe und concave Linsen bilden vergrößernd und verkleinernd, wenn das Spectrum in der Vereinigungsweite des Bildes ist, als schlechthin und vollkommen brechend keine Farbensäume um das vergrößerte oder verkleinerte Spectrum, weil es nicht zur Zerstreuung des Lichtes kommt, vielmehr alles Licht in dem vergrößerten oder

verkleinerten Spectrum sich eben so sammelt, wie es vom Objecte ausgegangen. Wir heben diesen Punct besonders heraus, weil Goethe die Farbenerscheinung mit Unrecht als ein die Refraction immer begleitendes, von ihr unzertrennliches Phänomen betrachtet hat.

30.

Ist die das Bild aufnehmende Fläche außer der Vereinigungsweite des Bildes, so wird das von allen Puncten des Gegenstandes ausströmende Licht nicht wieder in sprechenden einzelnen Puncten des Bildes gesammelt. Es entstehen Zerstreuungskreise des Lichtes; und der Gegenstand wird undeutlich gesehen.

31.

Ist ein auf diese Art undeutlich gesehener Gegenstand lichtschattig, helldunkel, so erscheinen da, wo sich im Gegenstande Hell und Dunkel berühren, im Bilde farbige Säume, weil die Bedingungen der Farbenerscheinung erfüllt sind, weil das Elementarische über ein in seiner Ruhe sich dunkel anschauendes Sehorgan am Rande des Dunkeln zerstreut wird.

32.

Zur Erscheinung der Farbe durch Refraction gehören also zwei nothwendige Bedingungen:

1. Daß das Licht bei einem undeutlich gesehenen Bilde zerstreut werde.

2. Daß das Licht über ein in seiner Ruhe sich dunkel anschauendes Sehorgan zerstreut werde, oder undeutlich gesehene Grenze des Lichten und Dunkeln.

33.

Es sey uns erlaubt, auch hier anzuzeigen, wo wir

mit der in der Goethe'schen Farbenlehre gegebenen Deutung nicht vollkommen uns befriedigen können.

Medien, welche das Licht brechen, können zwar die Grenzen des Lichten in den Bildern ausdehnen, nicht aber das Dunkle im Bilde zugleich erweitern. Denn dunkel ist Alles, wo die Netzhaut im Sehfelde sich selbst im Zustande der Ruhe sieht. Die Goethe'sche Vorstellung von der Bewegung des dunkeln Feldes über den hellen Grund, und dieses über jenes, wodurch an der Grenze die Farbensäume entstehen sollen, ist daher in diesem Sinne nicht beizubehalten. Das Licht kann zwar an der Grenze des Dunkeln, das wir in Beziehung auf das Auge das Affectlose nennen möchten, über die ruhenden Theile des Auges zerstreut werden, und es ist allerdings wahr, daß überall, wo dieses geschieht, Farbensäume entstehen, indem die Netzhaut den Unterschied desjenigen, welches einzeln Hell und Dunkel in ihr setzt, in demselben Orte gleichzeitig oder nacheinander wirkend, in Farbenphänomene beschwichtigt, wohin die abklingenden Blendungsfarben und die dioptrischen Farbensäume gehören. Indem wir uns aber von der Goethe'schen Vorstellung, welche das Dunkle und Helle gegenseitig über einander wegführt, befreien, bleiben wir jedoch ganz und gar bei der Goethe'schen Darstellung der Phänomene selbst, und huldigen namentlich dem Goethe'schen Grundsatze, daß zur Farbenproduction Grenze des Dunkeln und Lichten nothwendige Bedingung sey.

34.

In der Verfolgung der dioptrischen Farben bis zu den prismatischen Phänomenen kann keine Methode naturgemäßiger, zuverläßiger seyn, als die subjectiven dioptrischen Farben zu untersuchen, welche, ohne äußeres brechendes Medium, durch die brechenden Mittel unseres Auges unter gewissen Bedingungen nothwendig erscheinen. Es wird uns

hier zuvörderst der Grundsatz bestätigt, daß bei einem achromatischen Mittel die Farbenerscheinung erst dann eintrete, wenn das Bild nicht in der natürlichen Vereinigungsweite desselben aufgefangen wird.

35.

Sehen wir durch die brechenden Medien unseres Auges einen lichtschattigen Gegenstand an, während das Auge für das deutliche Sehen in größerer Ferne eingerichtet ist, so ist die Ordnung der Farben vom hellen Felde zum dunkeln Grunde oder vom hellen Grunde zum dunkeln Felde: Violett, Blau, Gelb, Roth.

36.

Sehen wir aber durch die brechenden Medien unseres Auges einen lichtschattigen Gegenstand an, während das Auge für das deutliche Sehen eines näheren Gegenstandes eingerichtet ist, so ist die Ordnung vom Hellen zum Dunkeln umgekehrt: Roth, Gelb, Blau, Violett.

37.

Da die Phänomene der subjectiven dioptrischen Farbensäume, welche das undeutliche Sehen bei jedem Menschen begleiten, schon in der Abhandlung *über das natürliche Doppeltsehen* umständlich vorgetragen worden, so haben wir hier nur auf diese Ausführung zu verweisen. Bei dieser Gelegenheit bedauern wir sehr, daß diese Urphänomene der dioptrischen Farben in der *Goethe*'schen Farbenlehre übersehen worden sind. Ohne Zweifel wären im andern Falle die Bedingungen der Farbenentstehung wohl noch richtiger angegeben worden.

38.

Diese Erscheinungen treten dann eben so gut ein, wenn wir uns äußerer Linsen bedienen, durch dieselbe durchsehen,

oder durch dieselben auf einer Wand undeutliche Bilder bewirken, deren an der Grenze des Dunkeln und Hellen zerstreutes Licht, in dem letztern Falle von der Wand, reflectirt in unserm Auge zum zweiten Bilde geworden, dort wie bei dem undeutlichen Sehen ohne Linsen Farbensäume bewirken muß.

39.

In der That kömmt es hier, wie man gegen die Goethe'sche Erklärung, aber nicht gegen die Goethe'schen Grundsätze der Farbenlehre einwenden kann, gar nicht wesentlich auf Vergrößerung oder Verkleinerung des Bildes an, und es ist keineswegs constant, was Goethe behauptet hat, daß das vergrößerte helle Bild auf dunkelm Grunde mit blauem, das verkleinerte Bild mit gelbem Grunde erscheine.

40.

Vergrößernd bildet dieselbe convexe Linse bald den blauen bald den gelben Farbensaum, je nachdem das undeutliche Bild mit zerstreutem Lichte bald vor bald hinter der Vereinigungsweite entworfen wird.

41.

Eine reine achromatische Linse bildet durchaus keinen Farbensaum, wenn der lichtschattige Gegenstand in der Vereinigungsweite ist, weil es nicht zur Zerstreuung des Lichtes kommt. Eine achromatische Linse bildet immer Farbensäume, wenn das Lichtschattige außer der Vereinigungsweite des Bildes ist, weil das Licht an der helldunkeln Grenze zerstreut wird.

42.

Als Bedingungen, unter welchen die Farbenerscheinung zunimmt, führt der Naturforscher, um zum Begriffe des Prisma zu kommen, an:

« Erstlich, wenn das Auge gegen parallele Mittel eine schiefere Richtung hat,

« Zweitens, wenn das Mittel aufhört, parallel zu seyn, und einen mehr oder weniger spitzigen Winkel bildet,

« Drittens, durch verstärktes Maß des Mittels, es sey nnn, daß parallele Mittel im Volumen zunehmen, oder die Grade des spitzen Winkels verstärkt werden, doch so daß sie keinen rechten Winkel bilden. »

43.

Dieser Fortgang führt naturgemäß zum physikalischen Begriffe des Prisma, welcher in der That von der ältern Farbenlehre auf das Willkührlichste ausgelegt worden. Indessen ist doch die dritte Bedingung nur in einer gewissen Beschränkung zu gestatten. Die Brechkraft des Mittels hängt von der Dichtigkeit und Brennbarkeit desselben ab und ist insbesondere in seinem Unterschiede von anderen mit ihm verbundenen Medien in dieser Beziehung bedingt. Wie nun bei einer gewissen Brechkraft die Stellung der Fläche des Mittels gegen das einfallende Licht die Bewegung des letztern bestimmt, so ist die Dicke des Materials zwischen der Einfallsfläche und der Austrittsfläche an sich durchaus ohne Einfluß auf die Brechung. In wie fern aber bei einer gewissen gleichen Brechkraft zweier Mittel das eine derselben, vermöge seiner chemischen Constitution, undeutliche Bilder wirkend das Licht mehr zerstreut, wird bei einem Medium der letztern Art unter sonst gleicher Brechkraft die Farbenerscheinung mit dem Volumen desselben wachsen.

44.

Das Prisma ist das am meisten chromatische Mittel, weil es gar keine Vereinigungsweite des deutlichen Bildes hat, das Licht also in allen Fällen zerstreut.

Die achromatischen, vollkommen brechenden Linsen bilden dann noch Farbensäume, wenn das Bild außer der natürlichen zur Deutlichkeit nothwendigen Vereinigungsweite ist.

Ein achromatisches Prisma kann es gar nicht geben. Bei der vollkommensten Brechung bildet das Prisma ein undeutliches nicht scharf begrenztes Bild.

Achromasie und Hyperchromasie.

45.

So wie nun jede Linse bei jeder Größe des Bildes das Licht zerstreut, sobald das Spectrum nicht in der Vereinigungsweite des Bildes aufgefangen wird, und also Farbsäume entwickelt, so kann eine Linse bei einer gewissen Brechkraft auch immer zugleich lichtzerstreuend seyn. Zwei Linsen brechen gleich stark, vergrößern in gleicher Entfernung gleich stark, aber ihre Bilder sind ungleich an Deutlichkeit; wenn auch gleich stark brechend, brechen sie ungleich vollkommen, und bei derselben Größe des Bildes zerstreut die eine Linse vermöge ihrer chemischen die unvollkommene Brechkraft bedingenden Constitution immer noch Licht, welches an der Grenze des Dunkeln zur Erscheinung der Farbe kommt.

Stark brechen und vollkommen brechen sind also ganz verschiedene Dinge. Gewisses durchsichtiges Material hat nie eine feste Vereinigungsweite des Bildes, und ist deswegen immer chromatisch.

46.

Dieß scheint allein die naturgemäße Erklärung der Achromasie und Hyperchromasie, welche in der Goethe'schen Farbenlehre keine vollständige Erklärung haben, weil

Goethe die Farbenerscheinung als ein die Refraction constant begleitendes Phänomen betrachtet, da sie doch nur dann eintritt, wenn ein Medium, unvollkommen brechend, immer Licht zerstreut, oder vollkommen brechend bei einer verkehrten Vereinigungsweite des Bildes das Licht zerstreut.

Achromasie des Auges.

Man kann nur so lange nach den Gründen der Achromasie des Auges fragen, als man bei der Vorstellung stehen bleibt, die Farbe begleite die Refraction in größerm und geringerm Grade immer. Das Auge ist aber in der That chromatisch durch die subjectiven dioptrischen Farbensäume beim undeutlichen Sehen außer der Vereinigungsweite des Bildes, weil alle achromatischen Mittel doch einen Farbensaum bilden, sobald das Spectrum nicht in der Vereinigungsweite des Bildes ist; in anderm Sinne ist das Auge achromatisch, denn seine vollkommen brechenden Mittel bilden, Licht zerstreuend, Farbensäume nur allein unter der angegebenen Bedingung; so lange aber das Spectrum in der Vereinigungsweite des Bildes aufgefaßt wird, wie von einem gesunden sehkräftigen Auge gewöhnlich geschieht, so lange können keine Farben entstehen, wie bei allen solchen Mitteln, welche bei vollkommener Brechkraft in der Vereinigungsweite des Bildes das Licht nicht zerstreuen. Die oft ventilirte Frage von der Achromasie des Auges beruht also zum großen Theil auf einem Mißverständnisse.

Subjective Lichthöfe.

47.

Goethe hat die subjectiven Lichthöfe in den Cyclus der physiologischen Farben aufgenommen und sie, wie auch

die pathologischen Farbensäume, von den dioptrischen Farben getrennt. So wie nun die physiologischen und pathologischen Farbensäume durchaus nur in den brechenden Mitteln des Auges bedingt sind und mit der Veränderung des Refractionszustandes so nothwendig eintreten, wie durch den Gebrauch äußerer brechender Mittel, wie also die Farbensäume in der That zu den dioptrischen Farben gezählt und von den physiologischen im Goethe'schen Sinne getrennt werden müssen, so glauben wir auch mit demselben Rechte den subjectiven Lichthöfen eine nur dioptrische Entstehung anweisen zu dürfen, und müssen auch hierin von der Goethe'schen Anordnung abweichen. Diese Lichthöfe bleiben zwar immer insofern subjectiv, weil ihre Entstehung nicht von äußeren brechenden Mitteln sondern von denen des Auges selbst, wie auch bei den subjectiven Farbensäumen, abhängt, indem sie verschwinden, wenn man den leuchtenden Gegenstand, der sie auf der Netzhaut hervorbringt, zudeckt. Goethe reihet die subjectiven Höfe an die Erweiterung der hellen Bilder an und betrachtet sie durch ein Abklingen des Eindruckes in die ruhenden Stellen hin entstanden; denn das leuchtende Bild wirke nicht allein als Bild, sondern auch als Energie über sich hinaus, es verbreite sich vom Mittelpuncte aus nach der Peripherie.

48.

Purkinje, dem wir überall so gern folgen, scheint uns auch selbst hier von dem Wahren um einer Analogie willen sich entfernt zu haben. Er betrachtet die Nervenhaut als ein trübes Mittel, dessen Trübheit durch die Discontinuität der Markkügelchen bedingt ist, welche, obwohl einzeln durchsichtig, dennoch durch die vielfältige Reflexion an ihren Oberflächen die Intension des durchgehenden Lichtes schwächen, seine Qualität ändern, daß es

farbig wird, und seine Richtung vielfach ableiten, so daß nach denselben Gesetzen, wie außerhalb des Organismus, in einem vor einem Lichte schwebenden Dunste, oder in einem weißen Glase bald ein lichter Schein allein, bald mit farbigen Rändern erscheint, nur mit dem Unterschiede, daß in der Netzhaut alle Modificationen des Lichtes eben dort, wo sie entstehen, auch empfunden werden *).

49.

Ich glaube nicht, daß man aus den vorausgeschickten Erklärungen die Nothwendigkeit der Erscheinung begreifen werde. Die Erweiterung der hellen Bilder hat ihren optischen Grund, ebenso der Lichthof, und es ist nicht einzusehen, warum dieselben Lichthöfe bald farbloser Schein, bald Farbensäume seyn sollen, warum die Lichthöfe nur bei begrenzten kleinen und nur bei mäßig leuchtenden Bildern eintreten, ein blendendes Bild aber scharf ohne Wirkung nach der Peripherie hin sich auf der Retine begrenzet. Betrachten wir aber die Verhältnisse, unter welchen wir ein mäßig leuchtendes Bild in einem dunkeln Grunde sehen, näher, so werden wir bald die Erscheinung des farbigen Saumes als nothwendig unausbleibbar und eins mit den übrigen physiologischen und pathologischen Farbensäumen erkennen.

50.

Wenn das ganze Gesichtsfeld erleuchtet ist, so daß das objective Licht, von allen Seiten in die Pupille eindringend, auch die seitlichen Theile des Auges erleuchtet, wird kein bedeutender Unterschied der Helligkeit zwischen der hintern Wand der Iris und der durch reflectirtes Licht

*) Am a. O. S. 87.

erhellten durch die Pupille gesehenen Cornea seyn. Wenn aber in einem dunkeln Raume ein mäßig leuchtendes Bild, wie die Kerzenflamme, betrachtet wird, so bildet das durch die Pupille einströmende Licht nur einen begrenzten Kegel, von dem nur der Rand der Iris selbst erhellt wird. Die hintere Wand der Iris bleibt unter diesen Umständen völlig dunkel, während das auf die Cornea einfallende Licht zum Theil zum Bilde der Kerzenflamme auf dem Boden des Auges vereinigt wird, zum Theil, wie bei allen brechenden Medien, die Cornea selbst erhellet.

52.

Unter diesen Umständen, wenn das leuchtende Bild im dunkeln Raume beschränkt und klein ist, sind also die vorderen Theile des Auges, nämlich die erhellten durch die Pupille gesehenen Theile der Cornea und die dunkle hintere Wand der Iris Gegenstände wenigstens des undeutlichen Sehens, und wir können von diesen Theilen des Auges, als Gegenständen des Sehens, unter keinen anderen Bedingungen als den angegebenen wissen. Zugleich liegen diese Theile in einer solchen Nähe der brechenden Linse, und die Bedingungen der Bilderentstehung sind bei dem geringen refrangirenden Unterschiede der wässerigen Feuchtigkeit und der Linse so unvollständig, daß das von dem Rande der dunkeln Iriswand auf dem Boden des Auges entworfene Bild auch höchst unvollständig seyn muß.

Dieser Gegenstand des undeutlichen Sehens ist neben dem deutlichen Bilde der Kerzenflamme ein trüber Lichtschein (durch das von der Cornea reflectirte Licht bedingt) in dunkelm Raume, welcher durch die hintere schattige Wand der Iris gesetzt ist. Da nun alle undeutlich gesehenen lichtschattigen Bilder an den Stellen der Grenze in Farbensäumen erscheinen, so werden wir auch den Rand

der Iris unter den gegebenen Bedingungen als farbigen Saum um den trüben Lichtschein sehen müssen, da hier die Gründe der Lichtzerstreuung, des undeutlichen Sehens und des Farbensaumes zugleich die größten sind.

53.

Und so sehen wir also überall, wo im dunkeln Raume mäßig leuchtende begrenzte Bilder betrachtet werden, einmal den trüben Lichtschein als nächste Umgebung des Bildes, und nicht durch Energie des Lichtes in der Retina, sondern durch objective Bedingungen erzeugt und ferner um den trüben Lichtschein die bekannten Ringe der farbigen Säume, welche gewöhnlich in folgender Ordnung von Innen nach Außen erscheinen: trüber kreisförmiger Lichtschein, Gelb, Roth, Grün, Roth.

54.

Diese unsere Ansicht von der Entstehung der subjectiven farbigen Lichthöfe führt eine wunderliche Erscheinung auf ein allgemeines Naturphänomen zurück und ist daher keine Erklärung mehr, denn sie zeigt, wie die Erscheinung nicht anders als nothwendig sey.

55.

Damit stimmen denn auch alle Momente, die bei der Entstehung der farbigen Lichthöfe zugleich vorhanden sind, da man schwerlich bei irgend einer isolirten Erklärung diese zu deuten im Stande seyn möchte. Immer werden sich die Lichthöfe nicht nach dem objectiven Bilde, sondern mit der Pupille verändern.

56.

1. Wenn unsere Ansicht richtig ist, so müssen die farbigen Höfe weiter werden und der trübe Lichtschein sich

ausdehnen, je mehr man sich von dem Lichte entfernt, weil nämlich mit dieser Entfernung die Größe der Pupille wächst. Daß dem so sey, wird jeder durch eigene Beobachtung sich überzeugen. Diese Erscheinung steht im vollkommenen Widerspruch mit allen anderen Erklärungen, da nämlich die Größe des objectiven Bildes mit der Entfernung abnimmt. Eben so die folgende.

57.

2. Welche Form dem leuchtenden Bilde zukomme, die Form der Lichthöfe ist nicht die des leuchtenden Bildes wie der Kerzenflamme, sondern rund, wie die Pupille.

58.

3. Die Lichthöfe erscheinen nur bei kleinen leuchtenden Gegenständen, weil bei einem größern Umfange des Lichteinflusses die Begrenzung der schattigen Wand der Iris und der durchscheinenden erhellten Cornea aufgehoben würde. Bei allen leuchtenden Bildern, welche die Größe des farbigen Saumes vom Rande der Iris erreichen, können sie aus dem Grunde schon nicht erscheinen, weil das hellere Bild selbst den Eindruck der leichten farbigen Säume aufhebt.

59.

4. Sie erscheinen nur bei mäßigem Lichte des Objectes, weil die Blendung des Auges die Beobachtung feiner Farbenunterschiede nicht zuläßt.

60.

5. Sie erscheinen nur, wenn das mäßig leuchtende begrenzte Bild auf einem dunkeln Grunde ruht, weil dann nur die Bedingungen zu einem lichtschattigen Bilde der vorderen Theile des Auges gegeben sind. Im andern Falle

auf hellem Grunde erscheint nur der trübe Lichtschein, wegen dem von der Cornea reflectirten Lichte.

61.

6. Die subjectiven Farbenhöfe müssen noch erscheinen, wenn das leuchtende Object nur zum Theil zugedeckt wird, und zwar ununterbrochen; sie scheinen dann zum Theil auf den deckenden Körper geworfen. So ist der Farbenhof nicht unterbrochen, wo die Hand oder eine Scheibe das äußere leuchtende Object zur Hälfte deckt, sondern erscheint hier auch vor der deckenden Hand vollständig, weil es nicht auf die Ferne des objectiven Bildes, sondern auf die Erhellung der Cornea ankommt, welche, wenigstens im Umfange, bis zum Rande der Iris noch eben so vollständig ist, wenn das äußere Licht zum Theil zugedeckt wird. Die subjectiven Farbenhöfe verschwinden aber ganz, wenn das Object ganz bedeckt und alle Erhellung der Cornea intercipirt wird, ohne daß sich der deckende Körper über den Umfang des Lichthofes selbst ausdehne.

62.

7. Die Undulationen der Farbenhöfe sind gleichzeitig mit den Undulationen der Iris und haben nichts mit undulirenden Bewegungen in der Netzhaut zu thun.

63.

8. Die Farbenhöfe sind am größten nach der Lähmung der Iris durch Belladonnenextract bei der größten Pupille und in allen nervösen Zuständen, welche eine große Pupille bedingen, auch nach dem Aufwachen. Die letzteren Bedingungen trafen dann freilich zusammen, als Descartes, im Schiffe schlafend, erwachte und die Lichthöfe so besonders lebhaft erblickte.

64.

Wir glauben nun unser Phänomen so abgegrenzt, von dem Fremdartigen gereinigt und zugleich auch wieder so auf die dioptrischen Farben zurückgeführt zu haben, daß wir nicht nöthig haben werden, den Unterschied der Entstehung objectiver dioptrischer Lichthöfe und des funkelnden Scheines der Sterne näher zu entwickeln, wobei wir nur an die Arbeiten von Arago und Alexander v. Humboldt über diesen Gegenstand erinnern wollen.

---

4. Chemische Farben.

Verbreitung der Farben unter den Insecten.

Goethe's Farbenlehre, LII.

§. 657. » Mit der Form verwandelt sich auch die Farbe, und ein gewißes Gesetz leitet sowohl die allgemeine Färbung, als auch die besondere, wie wir sie nennen möchten, diejenige nämlich, wodurch die einzelne Feder scheckig wird. Dieses ist es, woraus alle Zeichnung des bunten Gefieders entspringt, und woraus zuletzt das Pfauenauge hervorgeht. »

§. 649. « Am Auffallendsten zeigt sich die Farbengewalt, verbunden mit regelmäßiger Organisation, an denjenigen Insecten, welche eine vollkommene Metamorphose zu ihrer Entwickelung bedürfen, an Käfern, vorzüglich aber an Schmetterlingen. »

§. 650. « Diese letzteren, die man wahrhafte Ausgeburten des Lichtes und der Farbe nennen könnte, zeigen schon in ihrem Raupenzustande oft die schönsten Farben-

welche specificirt, wie sie sind, auf die künftigen Farben des Schmetterlinges deuten; eine Betrachtung, die, wenn sie künftig weiter verfolgt wird, gewiß in manches Geheimniß der Organisation eine erfreuliche Einsicht gewähren muß. »

§. 651. « Wenn wir übrigens die Flügel des Schmetterlinges näher betrachten und in seinem netzartigen Gewebe die Spuren des Armes entdecken, und ferner die Art, wie dieser gleichsam verflächte Arm durch zarte Federn bedeckt und zum Organ des Fliegens bestimmt worden, so glauben wir ein Gesetz gewahr zu werden, wonach sich die große Mannigfaltigkeit der Färbung richtet, welches aber künftig näher zu entwickeln seyn wird. »

§. 652. « Daß überhaupt die Hitze auf Größe des Geschöpfes, auf Ausbildung der Form, auf mehrere Herrlichkeit der Farben Einfluß habe, bedarf wohl kaum erinnert zu werden. »

Meine Beobachtungen haben mir manche Belege zu diesen Andeutungen gegeben. So lange unsere Kenntnisse von dem gegenseitigen Verhältniß der Form und Farbe noch so gering sind, können auch diese fragmentarischen Erläuterungen nicht ganz ohne Interesse seyn.

65.

Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß harmonische Zusammenstellungen der Farben in dem Thierreiche sehr selten sind. Die größte Farbenpracht entwickelt das Thierreich unstreitig in den Schmetterlingen, aber auch die lebhaftesten schönsten Farben treten meist nur in bunten Verbindungen auf. Es ist in der That schwierig, unter einer großen Menge schöner Schmetterlinge nur wenige zu finden, die als Beispiele harmonischer Verbindung aufzustellen wären.

66.

Ein ganz besonderes Interesse hat für den Beobachter die Ordnung der Orthopteren. Da diese Insecten nur eine unvollkommene Metamorphose erleiden, überdieß aber im vollkommen entwickelten Zustande meist durch eine lebhafte Färbung sich auszeichnen, so läßt sich der Wandel und die Steigerung der Farbe von der Jugend auf verfolgen. Und wenn die Orthopteren, vermöge ihrer innern Bildung, den höchsten Rang unter den Insecten einnehmen, so hat auch ihre Färbung, wenn gleich minder lebhaft als bei den Schmetterlingen, doch eine größere Gesetzmäßigkeit; und, was besonders merkwürdig, die meisten Orthopteren zeichnen sich durch harmonische Gegensätze der Färbung aus. Aus diesem Grunde wählen wir diese Ordnung vorzugsweise zu einer genaueren Betrachtung in Hinsicht der Färbung. Damit wir aber hier sicherer gehen, mögen wir uns vorerst die jener Ordnung angehörenden Gattungen vergegenwärtigen und, so viel es möglich ist, im Allgemeinen auch ihr Verhältniß zu Licht und Wärme, in welchem sie durch ihre Verbreitung auf der Erde stehen, angeben.

Verbreitung.

67.

Zu den Orthopteren gehören:

Die lichtscheue Gattung Blatta, in der heißen, gemäßigten und kalten Zone, bis Lappland (Blatta Lapponica), im Süden am häufigsten und größten, auch in Neuholland; die größten Arten flügellos, Blatta Lapponica klein. Farben: braun bis zum schmutzig Hellgelben und Grünen (Blatta virdis). Die kleineren nördlicheren Formen dunkler. Nur Blatta Petiveriana, aus dem südlichen Amerika, hat eine unansehnliche Zeichnung in braun und orangenen Flecken.

Die Gattung Forficula, mit sehr kurzen Flügeldecken, überhaupt larvenartig, unter Steinen, Holz, Rinden, in der gemäßigten und heißen Zone, bis zu den Inseln des stillen Meeres. Im Süden die größeren Arten, aber auch die kleineren. Breite der Färbung vom Braunen bis zum schmutzig Gelben.

Die Gattung Mantis, vom mittlern Europa an in der gemäßigten und heißen Zone, im Süden größer, vom Grünen bis zum Braunen. Eben so die Gattung Mantispa.

Die Gattung Empusa, vom südlichen Europa an in den heißen Zonen, roth, grün, braun, mit grünen oder rothen Flügeln.

Die Gattung Phasma, beginnt mit kleiner Form, selten, im südlichen Europa, und entwickelt sich nur in den heißen Zonen zu gigantischer Größe, in Südamerika, im mittlern Afrika, in Ostindien. Häufig flügellos im Süden. Körper grün bei kleineren Arten, sonst schmutzig, braun, gewöhnlich von der Farbe der Rinde derjenigen Bäume und Gesträuche, auf welchen die Thiere leben, überhaupt reiserförmig; Flügel grün und purpurroth.

Die Gattung Phyllium, das wandelnde Blatt, so viel mir bekannt, nur auf den Molukken und Seschelle-Inseln, hell grün und schön gelb.

Die Gattung Cranidium (n.). Von dieser neuen flügellosen Gattung mit plattgedrücktem Hinterleib, erhabener höckeriger Brust und kleinem Kopfe, kenne ich nur die Art Cranidium monstrosum, 5 Zoll lang, grün, aus Para.

Die Gattung Pneumora, mit blasigem Hinterleib, bloß in den heißesten Gegenden von Afrika, weißgrün gesprenkelt, oder roth und grün.

Die Gattung Locusta, selten in der kalten Zone (L. Laxmanni Sibir.), in der gemäßigten Zone in kleineren Formen, am häufigsten in den heißen Zonen, in Asien, Amerika, Afrika, Neuholland.

Die Heuschrecken haben entweder

1. schmale lange Flügeldecken mit dreieckigen großen Flügeln,
2. oder blätterige Ober- und Unterflügel,
3. oder einen langgestreckten flügellosen Körper (L. serrata Hung.),
4. oder kurzgestutzte Flügel bei langem dickem Körper (Locusta draco Klug.),
5. oder endlich sie sind flügellos, sehr dick, sehr kurz, höckerig und von schmutzigen Farben, fast spinnenartig, in den heißesten Gegenden, am Cap. (L. leucophora, L. pupa, L. cervina).

Färbung im Allgemeinen grün und roth.

Die Gattung Gryllus, vom nördlichen Europa an in allen Zonen, auch in Neuholland, flügellose Arten schon in Portugall, häufig flügellos am Cap; am häufigsten grün und roth, doch mit den meisten anderen Farben.

Die neue Gattung Sciobia, mit gelapptem Kopfe, im südlichen Europa, Portugal.

Die Gattung Truxalis, vom südlichen Europa an in den heißen Zonen, grün.

Die Gattung Acheta, im mittlern und südlichen Europa und in den heißen Zonen; die größten Arten im Süden, mit zurücktretender Längendimension und Flächenhaftigkeit, vielmehr von kurzgedrungener Bildung, zum Theil lichtscheu, braun.

Die Gattung Gryllotalpa, vom mittlern Europa an in den heißen Zonen bis zum Cap und Südamerika, ohne größer zu werden, lebt in der Erde; der walzige Körper ist immer braun ohne lebhafte Farben.

Die Gattung Xya, nimmt zu vom südlichen Europa bis in den Süden, schwefelgelb und schwarz.

Die Gattung Acrydium, vom südlichen Europa an klein bis in die heißen Zonen, weiß und braun, ohne Farben.

Zeichnung.

68.

In der ganzen Ordnung der Orthopteren herrschen meist nur die harmonischen Farben, Roth und Grün. Gewöhnlich ist der Körper grün, seltener roth, die Oberflügel gewöhnlich grün, die Unterflügel ganz oder zum Theil purpurroth. Bei den Gattungen, bei welchen diese harmonischen Farben vorwalten, treten andere Farben gewöhnlich nur dann auf, wenn Aenderungen in der Form des Körpers sichtbar werden.

Beispiele einer schönen harmonischen Verbindung sind unter den Heuschrecken:

Locusta cristata aus Indien, mit rothem Leibe und grünen Flügeln.

L. rhodoptera aus Para, mit schön grünen Oberflügeln und purpurrothen Unterflügeln.

Unter den Gryllen:

Gryllus pupus, verrucivorus, olivaceus, roseus, ferrugineus. Bei Gryllus morbillosus treten die harmonischen Farben Violett und Gelb auf. So hat sich Grün geschieden in seine Elemente, und das Rothe hat sich mit dem einen derselben, mit Blau zum Violetten verbunden, wodurch der Gegensatz, Gelb und Violett, hergestellt wird.

69.

Bei den Gryllen kommen überhaupt noch am meisten fremdartige Farben vor, wenn auch bei den mehresten die Färbung nur in Roth und Grün spielt.

Dahin gehören aus einer großen Menge von Arten:

Gryllus caeruleus aus Sierra Leona, grün und blau.

Gr. cyanopterus, caerulans, vom Cap, mit blauen Unterflügeln.

Gr. pictus, mit blaugelbem Körper, gelbgrünen Oberflügeln und rothen Unterflügeln.

Gr. festivus, mit gelbbraunen Oberfl. und purpurrothen Unterfl.

Gr. caerulescens Georg. Sav., Unterfl. braun und blau gezeichnet.

Gr. Surinamensis Parà, braun und blau.

Gr. crudelis, mit blutrothen Schenkeln, braunblauen Oberfl., braunen Unterfl.

So wie hier das Blaue aus dem Grünen als der Elementarfarbe der Gattung sich herausbildet, verliert auch der Gegensatz des Grünen, das Purpurrothe durch Schmutz und neigt sich zum Rothbraunen und Braunen.

70.

In anderen Fällen gewinnt das Rothe über den Gegensatz des Grünen ganz die Oberhand, verliert aber dann auch an der Schönheit und Reinheit der Farbe und wird entweder feuerroth oder rothbraun, wie bei Gr. pyropterus, mit feuerrothen Oberflügeln und Unterflügeln, Gr. albicornis aus Bahia, Gr. sibilans vom Cap, Gr. obscurus aus Sierra Leona, Gr. insubricus Lus., Gr. italicus, Gr. stridulus, braunroth. Geht aber das Rothe unter, so entfärbt sich auch leicht das Grüne ins Braune, wie bei Gr. thalassinus, Gr. luteolus aus Peru, wo Grüngelb in braune Zeichnung übergeht. Häufig auch tritt die Farbenspecification unter dem Vorwalten des Braunen ganz zurück, wie namentlich bei südlichen Arten, Gr. Carolinus, und mehreren Arten aus Georgien.

Alle Arten der Gattung Pneumora sind weißgrün gesprenkelt oder roth und grün. Die Empusen sind alle entweder grün oder roth an den Flügeln.

72.

Bei den Phasmen sind die Oberflügel und Unterflügel, die allein flächenhaften Theile bei einem cylindrischen formlosen und unansehnlichen Körper, meist in dem schönsten Gegensatz des Grünen und des Purpurs.

Pharma edule von den Philippinischen Inseln.

Ph. conchipenne, aus Rio.

Bei Phasma naevium aus Amboina verschwindet das Grüne, die Oberflügel werden roth, und das Roth der Unterflügel hat sich in Braun gesteigert mit weißen Flecken. Die flügellosen Arten haben insgesammt einen misfarbigen, braunen, ledergelben oder schwarzbraunen Körper, wie dürre Reiser.

73.

Bei der Gattung Mantis weicht das Rothe seinem Gegensatz. Die grüne Farbe waltet vor, nur bie Mantis oratoria tritt das Violette auf. Sonst steigert sich das Grüne nur ins Braune, wie bei Mantis chimaera.

74.

Es ist schon bemerkt worden, daß bei den Schmetterlingen keine Tendenz zur Harmonie sich erkennen läßt. Beispiele einer dreifachen Verbindung können die folgenden Arten seyn:

Harmonische Farben.

Papilio Aeneas, schwarzes Feld, Oberflügel grünfleckig, Unterflügel rothfleckig.

Papilio ornithyia, Oberflügel schwarz mit blaßorangener Zeichnung, Unterflügel blauschwarz mit orangenen Augen.

Sphinx nerii, schön Grün, mit Roth abwechselnd, wenige gelbe Streifen.

Phalaena dominula, grün und roth.

Phalaena tau, orangen, mit violetter Zeichnung, indirect harmonisch.

Verwandte Farben.

Papilio philea, gelb orangen.

Papilio ricini, Oberflügel schwarz mit hellgelber, Unterflügel schwarz mit rothorangener Zeichnung.

Papilio polymnia, Oberflügel schwarz mit gelber, Unterflügel schwarz mit rothorangener Zeichnung.

Papilio phaerussa, orangen, roth, schwarz.

Feindliche Farben.

Phalaena militaris, Oberflügel gelb, schwarz, blau, Unterflügel gelb, schwarz.

Papilio rumina, Oberflügel schwarz und gelb mit blutrothen Augen, Unterflügel weiß, gelb, orangen, roth.

75.

Bei den Käfern kommen selten Verbindungen von Farben vor. Eine sehr harmonische Zeichnung aus dem schönsten Violett und Gelb sah ich bei einem amerikanischen, fast zwei Zoll großen Elater, Elater sulcatus, der in dem botanischen Garten zu Berlin ausgekommen war und lange lebend erhalten wurde.

Form und Färbung.

76.

Wenn bei den Heuschrecken die Flügel blattförmig sich ausdehnen, so daß sie den Flügeln der wandelnden Blätter, Phyllium, ähnlich werden, so verschwindet eine der beiden harmonischen Farben, Grün, Roth; und zwar Grün bei Locusta ocellata aus Surinam, deren Flügel ganz das Ansehen rothbrauner herbstlicher Blätter haben; oder es verschwindet Roth, bei Locusta hesperidifolia aus Para, L. laurifolia, L. persicifolia, L. myrtifolia des südlichen Amerika.

77.

Werden die Flügel sehr klein, so verändern sich häufig die allgemein herrschenden Farben. So vorzüglich bei den Gryllen.

Bei Gryllus crudelis aus Para von dieser

Bildung sind die Schenkel blutroth, die Oberflügel braun-blau, die Unterflügel braun.

Gryllns biverrucatus aus Bahia ist braun.

Gryllus mola vom Cap, sehr dick und groß, braun, schmutzig, mit Flügelrudimenten.

Gryllus bufonis, mit sehr breiter Brust und kurzem Leibe, ist schmutzig ohne Farbe. Eben so Gr. rana.

Gryllus capucinus vom Cap, seitlich zusammengedrückt und flügellos, schmutzig rostfarben, wie die übrigen flügellosen Gryllen des südlichen Afrika.

So auch bei den Heuschrecken. Die flügellosen Heuschrecken verlieren, indem sie dick, kurz, höckerig, warzig, fast spinnenartig werden, die der Gattung eigenthümlichen lebhaften Farben, werden braun und gelbbraun. Hieher Locusta portentosa mit lappigem Kopfe, L. Marschalli Kl. und die am Cap einheimischen L. cervina Kl., L. leucophora Kl., L. pupa, sämmtlich monströse Formen.

78.

Je mehr das Insect sich in der Fläche ausbreitet, oder je mehr die Flügel sich entfalten, um so mehr entwickeln sich die lebhaften Farben. Die Farbe steigert sich bei den Orthopteren zum harmonischen Gegensatz, bei den Schmetterlingen zur bunten Pracht, je mehr das Thier seine Theile an dem Lichte ausdehnt.

Wandel der Farbe in der Metamorphose.

79.

Unter den Larven der Insecten sind nur diejenigen gefärbt und gezeichnet, welche am Lichte leben, die Raupen

der Schmetterlinge. Die Larven der Käfer, der Hymenopteren, der Dipteren, welche ihr Leben meist im Innern von Substanzen zubringen, sind meist farblos, weiß.

80.

Auch in der Metamorphose gilt der Grundsatz, daß die Lebhaftigkeit und der Gegensatz schöner Farben steigt, jemehr das Thier seine Theile in der Fläche gestaltet und ausbreitet. Darum sind die Larven, auch der Schmetterlinge, in ihren Farben noch meist unansehnlich.

81.

Die Orthopteren mit unvollkommener Metamorphose im ausgebildeten Zustande zeichnen sich, wie ausgeführt wurde, durch das Vorwalten der grünen und rothen Farbe aus. Die ganz jungen Larven der Heuschrecken sind ganz röthlich. Mit der fortschreitenden Entwickelung wandelt sich das Rothe in seinen Gegensatz das Grüne. Wie leicht dieser Wechsel sey, wird durch die Beobachtung bestätigt, daß junge Heuschrecken, welche schon durch und durch grüne Säfte hatten, durch den Einfluß des Weingeistes wieder röthlich wurden. Vor der Entwickelung der Flügel ist die grüne Farbe bei den Heuschrecken fast allgemein, aber in dem vollkommenen Zustande entwickelt das Insect in den Flügeln den harmonischen Gegensatz. Ebenso bei den Gespenstheuschrecken, deren Larven auch im Anfange röthlich sind, dann meist in Braun sich wandeln und im vollkommenen Zustande auf den flächenhaftesten Theilen des Körpers, auf den Flügeln die beiden Elementarfarben der Orthopteren in ihrem harmonischen Gegensatze lebhaft erscheinen lassen.

82.

In vielen Fällen deuten auch die Farben der Raupe,

wie Goethe bemerkt, auf die des Schmetterlinges; bald entwickeln sich durch Steigerung der Farben nach der einen oder andern Seite hin aus gleichgültigen oder feindlichen Zusammenstellungen harmonische Gegensätze; bald auch werden gleichgültige Zusammenstellungen, wie sie bei der Raupe vorkommen, auf den Flügeln des Schmetterlinges zu feindlichen bunten erhoben. Im Anfange schien es mir, als ob in der Metamorphose die Farben mehr zu harmonischen Verbindungen ausgebildet würden, dieß fand sich jedoch bei einer näheren Untersuchung nicht durchgreifend; ja bei den meisten Schmetterlingen mit den schönsten lebhaftesten Farben kommen disharmonische Zusammenstellungen vor. Diesen Wechsel habe ich an einigen Formen zu erläutern gesucht, die ich als Muster der einen und andern Veränderung aus einer Menge von Beobachtungen heraushebe.

Raupe.	Schmetterling.
Sphinx celerio.	
Im Allgemeinen braun, Halsband und Bauchseiten gelb; schwarze Augen im vierten und fünften Ringe mit gelbem Saum.	Braun und gelb. An den Unterflügeln ist das harmonische Violett mit vorstechendem Roth hinzugekommen.
Phalaena meticulosa.	
Grün mit gelben Puncten und Streifen, verwandte Farben.	Gelborange, rosenroth, verwandt. Das Grüne der Raupe hat seinen Gegensatz Roth entwickelt. Roth und Gelb sind zu Orange vermittelt. Dieses ist in der Puppe schon angedeutet.

Raupe.	Schmetterling.
Bombyx Pavonia major. Gelb mit grünem Kopfe und grünen Füssen.	Grau mit großen Augen der Flügel, worin Schwarz, Weiß, Blau, Orange und Blau auftreten. Die Puppe ist ganz violett.
Papilio linxia. Bauch gelb, oben grau mit orangenen und weißen Spitzen.	Schwarz, orange, grün; Gelb und Orange, verwandt, sind also zu indirect harmonischen Farben erhoben.
Papilio Machaon. Schwarz, Gelb mit Blau, Roth, Orange, zum Theil abstechend.	Grün mit Orange. Die feindlichen Farben Gelb und Blau treten zu Grün verbunden mit Orange in indirecte Harmonie.
Papilio podalirius. Schwarz, Gelb, Blau, Orange.	Gelb, Orange.
Papilio pruni. Orange, Blau.	Grün.
Papilio cardamines. Gelb, Grün, Orange.	Grün.

IX.

Aussicht

zur

Physiologie des Gehörsinnes.

Fragment.

1. Geneſis und Metamorphoſe des Gehörorganes.
2. Bedeutung einzelner Theile.
3. Zuſammenwirken beider Organe.
4. Energieen des Gehörſinnes.

1. Genesis und Metamorphose des Gehörorganes.

1.

Die einfachste Form des Gehörorganes ist ein mit Flüssigkeit gefülltes häutiges Bläschen, auf welchem sich der Hörnerve ausbreitet. Die Schwingungen vermittelt eine vor dem Bläschen ausgespannte Haut. Trommelfell und häutiger Vorhof.

Die Krebse. Auris Astaci fluviatilis, E. H. Weber de aure et auditu hominis et animalium, p. I. Lips. 1820. 8. Fig. 1, 1. Fig. 2, 1.

Bei den Insecten ist das Gehörorgan fast noch ganz unbekannt. Treviranus hat es bei der Blatta orientalis beschrieben, wo es aus einem einfachen Trommelfell und einem auf diesem sich ausbreitenden Hörnerven bestehen soll, ohne Hörbläschen. Annalen der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde. B. I. II. 2. Frankf. 1809. S. 169. Das Gehörorgan der Biene, welches Ramdohr (Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, 1811. S. 389) beschrieben hat, und welches in den Mandibeln enthalten seyn soll, ist noch zweifelhaft.

Bei den Gryllen habe ich ähnliche Organe entdeckt, wie sie bei den Flußkrebsen vorkommen.

Bei den Gryllen (Gryllus hieroglyphicus) liegt im hintersten Theile der Brust auf dem Rücken, auf

beiden Seiten über dem Ursprunge des letzten Fußpaares eine Aushöhlung der äußeren Bedeckungen, wo diese unterbrochen und durch eine feine Membran geschlossen sind. Diese Membran hat fast eine rhomboidalische Gestalt, bei Gryllus hieroglyphicus an fünf Linien groß, bei dem Männchen kleiner, ist an keiner Stelle durchbohrt und zerbricht bei der kleinsten Verletzung. Wenn das Insect seine Flügel in der ruhigen Lage hat, sind jene Stellen ganz von den Oberflügeln bedeckt. An der innern Fläche jener Membran liegt ein sehr feinhäutiges mit Wasser gefülltes Bläschen an, welches länglich und über zwei Linien groß mit seiner einen Extremität die Membran bedeckt, mit seiner andern nach abwärts gerichtet ist. Deutlich ist jenes Bläschen von den Tracheen zu unterscheiden und bei eigener Ansicht nicht mit einem Luftsacke zu verwechseln. Das Nervensystem der Grylle hat seine größte Anschwellung im dritten Ganglion des Rückenmarkes, das Gehirn selbst ist kleiner als die größeren Rückenmarksganglien, und diese sind alle kleiner als der dritte Rückenmarksknoten, der eine platte Scheibe bildet, von deren hinterem Umfange eine große Menge von Nerven für die Brustmuskeln, für das hintere Fußpaar, für die Bauchtheile entspringen. Der fünfte dieser Nerven des dritten Rückenmarksknotens auf jeder Seite begiebt sich zu dem beschriebenen Bläschen und befestigt sich an seinem vordern obern Theile, wo es an der elastischen Membran anliegt. Sollten diese Theile das Gehörorgan der Grylle seyn? Nichts widerspricht diesem, als daß der Sinnesnerve von dem dritten Rückenmarksknoten entspringe. Vielleicht hat man aber auch darum das Gehörorgan bei den Insecten nicht gefunden, weil man es am Kopfe suchte.

Bei den Heuschrecken (Locusta viridissima) führt eine

längliche große und tiefe Höhlung im Halsstücke über dem Ursprunge des ersten Fußpaares, von dem hintern seitlichen Theile des Halsschildes bedeckt, zu einer ähnlichen Membran. Doch weiß ich nicht, ob auch hier ein mit Wasser gefülltes Bläschen der Membran anliegt. Die Abbildungen der an den Gryllen beschriebenen Theile und des Nervensystems derselben an einem andern Orte.

2.

Ist bei jener einfachsten Form nur das Trommelfell das Vermittelnde der äußeren Schwingungen, so ist zunächst nun auch durch einen halbharten knorpeligen Vorhof, welcher das Gehörbläschen umgiebt, die Schallleitung vermehrt. Trommelfell, häutiger Vorhof, knorpeliger Vorhof.

Aus der Classe der Fische gehört hieher nur die Gattung Petromyzon, deren Gehörorgan im Wesentlichen mit dem der Krebse übereinstimmt. Auris Petromyzontis marini et fluviatilis. Weber. l. c. p. 15. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

3.

In höherm Grade muß die Erzitterung auf den Hörnerven wirken, wenn im Innern des Hörbläschens ein freier solider die Schwingungen repercutirender Körper niedergelegt ist. Trommelfell, häutiger und knorpeliger Vorhof, Gehörstein.

Die Sepien unter den Molusken. Auris Sepiae octopodis. Weber l. c. p. 10. Fig. 5. 6. 7. 8.

4.

Fällt die die Schwingungen des äußern Mediums vermittelnde Membran weg, und sind die harten Umgebungen des Kopfes bloß die schallleitenden Medien zu dem Hörbläschen, so kann das letztere nicht von allen Seiten von harten Theilen eingeschlossen seyn, wenn eben dadurch nicht die freien Schwingungen des mit Wasser gefüllten Bläschens gehindert werden sollen. Ein Hörbläschen ohne Trommelfell kann daher nur von einer Seite an knöchernen Wänden anliegen, und muß anderseits von flüssigen oder halbflüssigen Theilen umgeben seyn, wie bei den Gräthenfischen.

5.

Die Erschütterungen des Bläschens müssen in hohem Grade vermehrt werden, wenn es in die schallleitenden harten Umgebungen kanalförmige Fortsetzungen ausschickt, deren Wasser mit dem Wasser des Bläschens in Verbindung steht. Sind diese Fortsetzungen in verschiedenen Dimensionen angelegt, und kehren sie bogenförmig, wie die halbzirkelförmigen Kanäle, zu ihrem Ursprunge zurück, so werden die Erschütterungen dieser Fortsetzungen und ihres Inhaltes allseitig gegen denselben Mittelpunct hinwirken, d. h. in dem Hörbläschen oder membranösen Vorhof zusammentreffen.

Membranöser Labyrinth, bestehend aus dem membranösen Vorhof mit den halbzirkelförmigen Kanälen und einem besondern sackförmigen Fortsatze. Dieser und der Vorhof enthalten einen oder mehrere Steine. Der Labyrinth ist äußerlich von den harten Theilen des Kopfes, innerlich, in der Höhle des Craniums gelegen, von öliger

oder wäßriger Flüssigkeit umgeben. Die meisten Gräthenfische und einige Knorpelfische (Accipenser, Lophius, Tetrodon). Weber, l. c. p. 19—40.

Nach den Untersuchungen von E. H. Weber ist der membranöse Labyrinth bei einigen Gräthenfischen durch drei besondere bewegliche Knöchelchen mit der Schwimmblase verbunden. Dahin gehören die Gattung Cyprinus, Silurus glanis, Cobitis fossilis, C. barbatula. Bei anderen Gräthenfischen, Sparus salpa und Sp. sargus, Clupea harengus ist die Verbindung des innern Ohrs mit der Schwimmblase durch einen hohlen Fortsatz der letztern bewirkt. Weber l. c. p. 40—80.

Keine der vielfachen Ansichten, die man bisher über die Function der Schwimmblase hatte, läßt sich bei allen Fischen, wo die Schwimmblase vorkömmt, durchführen. Die ihr beigelegten Functionen passen immer nur auf eine gewisse Anzahl der Fische, ja die Urheber dieser Meinungen geben solche Bestimmungen selbst nur mehr als Beziehungen eines Organes an, dessen eigentliche Function als unbekannt vorausgesetzt wird. Man braucht sich deshalb nicht zu scheuen, auf eine andere Function desselben aufmerksam zu machen, besonders, wenn ihrer die Schwimmblase unter allen Veränderungen, welche sie bei einzelnen Fischen erleidet, fähig bleibt, und wenn sie selbst die von Weber entdeckte neue Beziehung zu dem Gehör mit aufnimmt. Wenn der Druck des Wassers mit der Tiefe zunimmt, in welche der Fisch hinabsteigt, so kann dieser veränderliche Druck auf keine Theile des Fisches einen größern Einfluß ausüben, als auf die in der Schwimmblase enthaltene Luft; um so tiefer der Aufenthalt des Fisches, um

so mehr muß die Luft seiner Schwimmblase comprimirt seyn. Die Seitenmuskeln, zwischen der comprimirten elastischen Schwimmblase und der drüenden Gewalt von Seiten des Wassers, haben bei der größten Tiefe der drückenden Gewalt auch den größten Widerstand zu leisten. Durch das Maß dieser Reaction von Seiten der Muskelbewegung muß der Fisch die Empfindung der Tiefe haben, in welcher er lebt. Ohne den Widerstand eines elastischen Fluidums im Innern des Körpers könnte die Empfindung der drückenden Gewalt des Wassers, welche durch die Reaction der Seitenmuskeln dem Fische gesichert ist, nur sehr gering seyn. Die Schwimmblase scheint mir daher die wesentliche Function zu haben, daß sie, vermöge des elastischen Widerstandes, welchen sie von innen dem äußern Drucke leistet, Grund wird, daß das Thier durch die Reaction seiner Muskeln eine bestimmtere Empfindung der Tiefe habe, in welcher es lebt. Diese Erklärung bleibt geltend bei allen zufälligen Veränderungen der Schwimmblase bei den verschiedenen Thieren, es mag dieselbe der rothen Körper und des Ausführungsganges ermangeln oder nicht. Damit stimmt denn auch vollkommen die Verbindung der Schwimmblase mit dem Gehörorgane. Durch diese Beziehung kann die Empfindung der Tiefe, außer der Perception durch das Gefühl des Druckes, auch selbst durch das Gehör vermittelt oder erhöht werden. Die Luft der Schwimmblase im Zustande der Compression muß, insofern sie auf das innere Ohr einwirken kann, auch die Gehörempfindung verändern. Es kann hier nur eine Veränderung im höchsten Grade eintreten, die auch uns bei den verschiedenen Veränderungen des Luftdruckes nicht fremd ist. Ein besonderer Muskelapparat fehlt jener Verbindung, die Schwimmblase kann also dann auf

das Gehörorgan einwirken, wenn ihr Inhalt in Zuständen einer veränderlichen Compression ist.

Uebrigens muß auch, wo jene Verbindung statt findet, die Schallleitung durch die Vermittelung eines elastischen Fluidums sehr erhöht werden. Und in so fern kann die Schwimmblase im einzelnen Fall auch als schallleitende Erweiterung des Gehörorganes angesehen werden, wenn auch diese Beziehung ihr sonst fremd ist.

6.

Wenn aber der Labyrinth allseitig von harten Substanzen umgeben wird, wenn das Gehörorgan von der Schädelhöhle ganz getrennt ist, dann muß nothwendig wieder eine Verbindung mit dem umgebenden Medium durch eine Membran statt finden, damit die Schwingungen des Labyrinthes, durch die harten Umgebungen mitgetheilt, nicht auch in eben diesen aufgehoben werden. Wenn also mit der Trennung des Gehörorganes von dem äußern Medium nothwendig wird, daß der Labyrinth zum Theil von harten Massen umgeben sey, wie bei den Gräthenfischen, so wird, sobald der Labyrinth von Innen überall an harten Massen anliegt, wieder nothwendig, daß er eine Fortsetzung nach dem äußern Medium, einen sinus auditorius externus habe.

So bei den Knorpelfischen, den Haien und Rochen, bei welchen das Gehörorgan ganz von der Schädelhöhle abgesondert ist, ein membranöser Vorhof und membranöse Canäle von knorpeligem Vorhof und knorpeligen Canälen eingeschlossen sind, wo aber eine Forsetzung des Vorhofes bis zur Oberfläche des Schädels dringt,

durch die äußere Haut geschlossen, Analogon des Trommelfelles.

Weber l. c. p. 92. Fig. 74—88.

7.

Sobald das Gehörorgan die Atmosphäre zum schallleitenden Medium hat, wie bei allen Wirbelthieren über den Fischen, theilen sich die Schwingungen des Trommelfelles nicht unmittelbar dem Vorhofe mit. Wäre nämlich bei den Luftthieren, so wie bei den Wasserthieren, das Trommelfell zunächst über dem Hörbläschen oder dem Labyrinthe ausgespannt, so würde es zwischen einem luftförmigen Medium und dem flüßigen Medium des Labyrinthes vermittelnd eintreten. Die luftförmige Umgebung spannt die Membranen an, die flüßige relaxirt sie, das Trommelfell würde also durch die entgegengesetzten Bedingungen bestimmt. Daraus erhellt die Nothwendigkeit einer Trommelhöhle zwischen dem Paukenfelle und dem Labyrinthe, wodurch das Paukenfell lediglich den Einwirkungen eines luftförmigen Mediums ausgesetzt ist. Das Wasser des Labyrinthes erhält dann seine Schwingungen zunächst durch die Luft der Trommelhöhle. Aus demselben Grunde kann das Vermittelnde zwischen der Luft der Trommelhöhle und dem Wasser des Labyrinthes keine durch diese entgegengesetzten Bedingungen bestimmbare Membran seyn. Und so wird uns eine solide Verbindung zwischen dem Trommelfelle und dem ovalen Fenster des Vorhofes nothwendig; wir sehen die Nothwendigkeit eines Gehörknöchelchens ein, welches in seiner einfachsten Form als Columella an das Trommelfell befestigt ist und, durch die Trommelhöhle verlaufend, in das ovale Fenster des Vorhofes mit seiner scheibenförmigen Extremität beweglich eingefügt ist. So

theilen sich die Schwingungen des Trommelfelles durch die in dem ovalen Fenster bewegliche Columella dem Wasser des Labyrinthes mit, ohne daß die Spannung des Trommelfelles durch das Wasser des Labyrinthes verändert werden kann. Wenn aber die Schwingungen des Labyrinthwassers nicht durch die harte Umgebung gehindert werden sollen, so muß dem ovalen Fenster ein zweites entsprechen, welches sich wieder in das schallleitende Medium öffnet. Durch diese zwiefache Verbindung des in harten Theilen eingeschlossenen Wassers mit einem elastischen Medium können die Schwingungen des erstern regelmäßig perennirend seyn. Und so entsteht uns das runde Fenster als zweite Oeffnung des Labyrinthes in die Trommelhöhle, durch eine Membran geschlossen.

8.

Wir wissen ferner aus den Gesetzen der Schallleitung, daß jeder schallleitende Luftraum selbsttönend wird, indem er den Schall leitet, sobald er begrenzt und abgeschlossen ist. Die Luft der Trommelhöhle, die Schallschwingungen der Atmosphäre leitend, würde selbsttönen, wenn sie außer dem Trommelfelle von festen Theilen allseitig begrenzt wäre, und der Ton, den sie schallleitend angäbe, wäre bestimmt durch ihr eigenes Volumen. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, daß die Bedingungen zu einem selbsttönenden Luftraume in der Trommelhöhle aufgehoben sind, daß die Trommelhöhle nicht allseitig von harten Theilen umschlossen sey, daß sie einen Ausführungsgang in die Atmosphäre habe, wodurch die Luft der Trommelhöhle mit der Atmosphäre in beständiger Verbindung steht; so entsteht die Tuba Eustachiana. In der That wird auch die Luft der Trommelhöhle sogleich zum selbsttönenden Körper, sobald wir die Eustachische Trompete durch Aufheben des

Gaumensegels schließen. Es entsteht ein eigenthümliches Geräusch in dem Ohre, welches jeden andern Schall begleitet, und auch das Ohrenbrausen von unwillkührlicher Verstopfung der Eustachischen Trompete hat diesen Ursprung.

9.

So ist nun das Gehörorgan nothwendig verändert, sobald es in den Luftathmern auftritt. Der Vorhof mit den halbzirkelförmigen Canälen steht mit der Trommelhöhle durch zwei Fenstern in Verbindung, wovon das eine das Scheibchen der Columella aufnimmt, um die Schwingungen des Trommelfelles dem Labyrinthwasser zuzuleiten. Amphibien, Vögel.

10.

Das Gehörorgan, soweit wir es bis jetzt verfolgt haben, hat noch nicht das Vermögen, durch innere Veränderungen seine Empfänglichkeit für besondere Schalleindrücke abzuändern, es hat noch nicht das Vermögen, sich von den Veränderungen des schallleitenden Mediums, der Atmosphäre unabhängig zu machen. Und so wird bei einer höhern Ausbildung des Gehörorganes die Beweglichkeit einzelner Gehörknöchelchen, des Hammers, des Amboses, des Steigbügels nothwendig, welche, aus der ursprünglichen Columella entstanden, eine Kette bilden, die Function der Columella theilen durch die Verbindung der Extremitäten mit dem Trommelfelle und dem ovalen Fenster, aber auch, vermöge besonderer kleiner Muskel beweglich, das Paukenfell zu spannen und zu relaxiren vermögen. Diese letztere Function ist aber den Gehörknöchelchen nicht ursprünglich eigenthümlich, wie von der Columella bewiesen worden ist.

11.

Wir haben unser Gehörorgan bisher bloß für die Intensität des Schalles ausgebildet, aber noch keine Ausbildung für die Unterscheidung der höheren und tieferen Töne erkennen können. Dazu wird es nicht so sehr eines besondern Apparates, als vielmehr einer größern Ausbildung des Labyrinthes nöthig seyn.

12.

Die Hörsinnsubstanz oder die Pulpa des Hörnerven umgab bisher das Bläschen des Vorhofs nur schlechthin, ohne alle ihre einzelnen Fasern den Schwingungen aussetzen zu können. So schwingt nur die ganze Pulpa des Hörnerven, durch die Schwingungen des Wassers im Labyrinthe. Es sollen aber auch alle einzelnen Theile des Hörnerven den Erzitterungen ausgesetzt werden. Dazu bedarf es eines Organes, auf welchem alle feinen Faserungen des Hörnerven immitten der schallleitenden Flüssigkeit zu Tage liegen, auf welchem die ganze Pulpa des Hörnerven bis in ihre innersten feinsten Theile entwickelt wird. Wenn die Fasern aber alle einzeln zu Tage liegen sollen, so kann dieß nicht schicklicher geschehen, als daß sie auf einer gewundenen Platte sich abwinden. Denn eine ebene Platte würde zu diesem Zwecke einen großen Raum einnehmen und der Form des Hörnerven selbst unangemessen seyn. Eine spiralförmig gewundene Platte, deren Windungen alle in einer Ebene liegen, könnte eher entsprechen, im kleinsten Raume können aber die Fasern des Hörnerven nur auf einer um eine Spindel schneckenförmig gewundenen Platte von außen nach innen sich abwinden. Wenn diese Platte mit ihren Faserungen immitten eines ebenfalls schneckenförmig gewundenen mit, Wasser ge-

füllten Kanales liegt, entsteht die Schnecke des Gehörorganes der Säugthiere und des Menschen. Die Spiralplatte theilt den Canal in 2 Gänge, welche in der Spitze der Schnecke, wo die Spiralplatte aufhört, mit einander in Verbindung stehen. Der eine dieser Kanäle führt in den Vorhof, und das in ihm enthaltene Wasser erhält seine Schwingungen durch das ovale Fenster, der zweite Gang führt zu dem runden Fenster, welches der Grund ist, daß die Schwingungen nicht durch den Widerstand der harten Umgebungen sich aufheben. Mit der Ausbildnng des Hörnerven, mit der Menge und Feinheit seiner Fasern wächst die Platte, auf welcher diese sich ausbreiten, oder die Größe der Schnecke und die Länge ihrer Windungen.

---

2. Bedeutung einzelner Theile.

13.

Die Bedeutung der Gehörknöchelchen, der Trommelhöhle, der halbzirkelförmigen Canäle, der Schnecke ist in der vorhergehenden Darstellung der Genesis und Metamorphose des Gehörorganes schon angegeben. Durch diesen aus den Gesetzen der Schallleitung entwickelten Begriff von der Entstehung des Gehörorganes bis zu seiner vollkommensten Ausbildung sind wir vor vielen unnützen Hypotheſen über die Function einzelner Theile des Organes befreit. Es kann uns nicht einfallen, in dem Trommelfell eine Menge von Saiten zu entdecken, deren Länge nach den Dimensionen des Trommelfelles wechselt, wie Kerner wollte; eben so wenig sehen wir die halbzirkelförmigen Canäle in den Verhältnissen eines einzelnen Dreiklanges,

der Octave, der Terze und der Quinte angelegt, wie Comparetti vermeinte; wir sehen in der Schnecke kein musikalisches Instrument, sondern nur einen sehr vollkommenen Apparat, alle einzelnen Theile des Nerven der Erzitterung auszusetzen. Wir sind eben so wenig in Verlegenheit, einzelne Theile, welche nur die Schallleitung fördern und in der Metamorphose des Organes als nothwendig nachgewiesen worden, für die Organe besonderer Töne, der articulirten Töne, der musikalischen Töne, des Geräusches u. s. w. anzusehen.

14.

Die Chorda tympani als Zweig des nervus durus, oder vielleicht gar nur ein den nervus durus begleitender Zweig des Sympathicus, hat gar nichts mit der Gehörempfindung selbst zu thun. Der nervus durus giebt der Trommelhöhle nur die bewegenden und schlechthin fühlenden Zweige ab; er ist in dieser Beziehung für das Ohr, was der Nervus trigeminus dem Auge und der Nase. Da die Nerven der Muskeln, welche die Gehörknöchelchen und mittelbar das Trommelfell bewegen, von dem nervus durus entspringen, so muß die Erschütterung der Chorda tympani auf ihren Ursprung zurückwirken, und dadurch mag wohl die Wirkung des tensor tympani vermehrt werden, worauf das gespannte Trommelfell weniger empfindlich für die Leitung der Schwingungen werden muß. Denn nach den Untersuchungen von Savart leiten die gespanntesten Membranen den Schall am wenigsten, sie werden bei der größten Spannung selbsttönend, statt den Schall zu leiten. Bei sehr kleinen Membranen, wie bei dem Trommelfell, tritt aber bei der größten Spannung unter Verminderung der Schallleitung das Selbsttönen nicht ein.

15.

Darum ist die Wirkung des musculus tensor tympani auch die entgegengesetzte von der, die man ihm gewöhnlich zuschreibt. Bei dem stärksten Tone, welcher am meisten afficirt, wirkt der Muskel am stärksten, das Trommelfell spannend, und vermindert dadurch die Schallleitung. Es ist also wahrscheinlich der Affection der Chorda tympani durch Erschütterung und ihrer Sympathie mit den Nervenzweigen der Muskeln zuzuschreiben, daß der stärkste Ton nach dem ersten Impuls gewöhnlich etwas schwächer vernommen wird.

16.

Auch die den stärksten Ton begleitende schmerzhafte Empfindung muß von einer Affection der Chorda tympani herrühren; eben dieselbe vermittelt durch die Verbindung ihrer selbst oder des Nervus durus mit dem Sympathicus die durch den ganzen Körper verbreitete Empfindung eines unangenehmen leichten Schauders, welcher durch widriges Geräusch, Dissonanzen und schneidend gellende Töne entsteht.

17.

Die Beobachtungen von Savart über die Schallfiguren schallleitender Membranen nnd die Veränderung derselben bei verschiedener Lage der schallleitenden Membran gegen den schallenden Körper sind zwar von physikalischem Interesse, aber unfruchtbarer für die Physiologie des Gehörs selbst.

3. Zusammenwirken beider Organe.

18.

Durch die Tonempfindung entstehen uns keine räumlichen Vorstellungen. Nur das vermögen wir zu unterscheiden, ob das eine oder andere Ohr mehr afficirt ist, und dieß ist hauptsächlich der Grund, warum wir die Richtung des Schalles unterscheiden. So vermögen wir fast gar nicht die Richtung des Schalles anzugeben, wenn eines der Ohren an Schwerhörigkeit leidet. Nur wenn die festen Theile des Körpers mehr als schallleitende wirken, ist die Unterscheidung der Richtung auch dann bestimmt, wie etwa wenn der tönende Körper die Theile unseres Körpers selbst berührt. Alle anderen räumlichen Bestimmungen des Schalles gehören nicht der Empfindung, dem Sinne, sondern dem Urtheile an.

19.

Sind die Gehörempfindungen beider Ohren verschieden, was nur dann der Fall seyn kann, wenn bei der größten Nähe der Schall auf jeder Seite vorzugsweise nur auf dieses oder jenes Ohr wirkt, so werden die zeitlich coincidirenden verschiedenen Töne zu einer und derselben Vorstellung verbunden, so wie die sämmtlichen Töne, welche auf ein oder beide Ohren zugleich wirken.

20.

So hört man bei einer Richtungslosigkeit der Aufmerksamkeit, wenn man sich von zwei Personen Verschiedenes in die Ohren sagen läßt, nichts Bestimmtes, weil einzelne

Töne aus zwei ganz verschiedenen Reihen zu einem Ganzen verbundener Töne coincidiren. Aber man kann sich auch willkührlich bestimmen, nur die eine und durch das eine Ohr vorzugsweise deutlich zu hören, so gut wie man einem und demselben Instrumente mit besonderer Aufmerksamkeit in einem vollen Orchester folgen kann, und wie man auf einzelne Theile des Gesichtsfeldes besonders aufmerksam seyn kann. Wir lernen also hier auch eine Willkühr der Empfindung kennen, d. h. der Hörnerve, überhaupt der Sinnesnerve, mit dem Organe der geistigen Regungen verbunden, kann durch die Bestimmungen, die in diesem liegen, auch in seinen einzelnen Theilen einer freiwilligen Steigerung der Erregbarkeit fähig seyn. Dieses sind also die höchsten Sympathien der geistigen Zustände, welche von dem Leben des Gehirns bedingt sind, und der Empfindung in den Sinnesnerven, und so müssen wir die Einbildung wohl unterscheiden, welche sich einer sinnlichen Vorstellung erinnert ohne wirkliche Sinnesempfindung, oder welche sich sinnliche Dinge vorstellt, die keinen objectiven Grund haben, und jene Art der Einbildung, welche bei der größten Energie der Vorstellung in den mit dem Gehirne verbundenen Sinnesnerven auch die Objecte der Vorstellung sinnlich erscheinen läßt. Das sind die phantastischen Sinnesvorstellungen.

---

4. Energieen des Gehörsinnes.

21.

So wie die Energieen des Auges nicht bedingt sind durch das äußere Licht, vielmehr jedwede Art von Reiz

auf das empfindliche Sehorgan, Galvanismus Electricität, Druck, Friction, die Pulse des eigenen Körpers, die Entzündung, die sympathischen Reize von anderen Organen, die lebhafteste Phantasie in dem Auge seine Energieen, nämlich Lichtempfindung und farbige Phänomene entwikkeln, eben so ist der sinnliche Ton nicht durch die Schwingungen eines äußern Körpers und die Mitschwingungen des Hörnerven das, was er ist, sondern jedwede Art von Reiz, welcher in dem Hörnerven einen Zustand der Affection bewirkt, ist der Grund, daß der Hörnerve des ihm immanenten Tones bewußt wird.

22.

Die Schwingungen eines äußern sogenannten tönenden Körpers sind nicht der erste und vornehmste oder alleinige Reiz auf das Gehörorgan zur Tonempfindung, vielmehr nur der gewöhnlichste. Der Hörnerve empfindet sich in jedem Zustande des Affectes tönend, es bedarf nur des Afficirtseyns, daß Tonempfindung statt finde. Das Auge sieht sich im Zustande seiner Ruhe dunkel, im Zustande seiner Unruhe licht und farbig; das Ohr hört sich im Zustande seiner Ruhe still, im Zustande seiner Unruhe tönend.

23.

Die subjectiven Töne sind noch wenig bekannt, und in der Vernachläßigung dieser Gehörwahrheiten liegt der Grund, warum unsere Kenntnisse von der Function des Gehörsinnes noch so unvollkommen sind: doch wissen wir, daß Sympathie mit anderen kranken Organen, Tonempfindung als Energie des Hörnerven zur Folge hat. In der Hypochondrie, Hysterie, bei Gehirnleiden, bei Catar-

rhen der Eustachischen Trompete, bei rheumatischen Affectionen, beim Erysipelas, in der Ohnmacht, im Schwindel, in der Congestion sind subjective Töne häufig. Die Pathologie unterscheidet in die Formen der Hyperacusie, der Paracusis, wobei besonders des Nachklingens, des Doppelthörens u. s. w. zu erwähnen ist, der Baryakusis. Der Galvanismus erregt in dem Ohre nach den Versuchen von Ritter die Empfindung des eingestrichenen g. Auch gehört hieher das subjective harmonische Mitklingen eines dritten Tones mit zwei subjectiven harmonischen, welches an die Gesetze der Blendungsbilder im Auge erinnert, und endlich die phantastische Gehörempfindung, welche nicht, wie man sagt, eingebildet ist, sondern durch die Wirkung der Einbildung auf die Energieen des Gehörsinnes entsteht.

24.

Die subjectiven Gehörempfindungen erwarten einen treuen Selbstbeobachter, der für sie dasjenige wird, was Goethe und Purkinje für die subjectiven Gesichtsempfindungen geworden sind.

25.

Die subjectiven Gehörempfindungen mögen uns aber jetzt schon belehren, daß es der größte und der Physiologie feindlichste Irrthum ist, ohne dessen Beseitigung keine tiefere Einsicht in die Energieen des Gehörsinnes möglich ist, wenn man nämlich glaubt, eine gewisse Anzahl Schwingungen sey es, durch deren Auffassung in einer bestimmten Zeit die Empfindung des bestimmten Tones entstehe. Es giebt Empfindung des bestimmten Tones ohne Schwingung, so wie Empfindung bestimmter Farben ohne äuße-

res Licht. Jede Erschütterung und so auch die Schwingung der Atmosphäre bewirkt in dem Hörnerven, als ein Reiz, Tonempfindung einer bestimmten Art, und der Ton ist als bestimmter durch die Art der Affection schon gegeben, ohne daß das Gehörorgan zu warten braucht, daß eine gewiße Anzahl von Schwingungen in einer gewissen Zeit vollendet ist, um zur bestimmten Tonempfindung zu gelangen.

26.

Was nun den gewöhnlichsten unter den verschiedenen Impulsen der Gehörempfindung betrifft, nämlich die Erschütterung des Hörnerven, so kann diese, bei der Ausbreitung der Faserungen des Hörnerven auf der Spiralplatte immitten der schallleitenden Flüssigkeit, unter verschiedener Höhe des Tones auch auf verschiedene aliquote Theile des Hörnerven wirken; und wie die Verschiedenheit des Tones in Hinsicht der äußern Erregung von dem Verhältniß der ruhenden und bewegten Theile des schwingenden, tönenden Körpers abhängt, so hängt die Höhe des Tones als Energie des Sinnes von dem Verhältniß der ruhenden und afficirten Theile des Hörnerven ab.

27.

Alle Tonschwingungen bewirken in der schallleitenden Flüßigkeit eigenthümliche Schallwellen, welche nicht progressiv sind, welche in sich selbst erzittern, ohne die ruhenden Theilungslinien derselben zu stören. Dieß sind die primären Klangfiguren, welche Purkinje *)

*) Beiträge zur Kenntniß des Sehens in subjectiver Hinsicht. Prag, 1823. S. 39.

in seiner Schrift über das subjective Sehen also beschreibt:

«Die primären Klangfiguren kommen zur deutlichen Erscheinung, wenn man auf die horizontal gehaltene Glasscheibe eine Schichte Flüßigkeit ausgießt, und dann durch Bogenstriche einen Ton hervorbringt; sogleich werden die sonst beim Versuche mit Sande leeren Stellen mit den schönsten wechselweise erhobenen und vertieften viereckigen Wellen bedeckt erscheinen, die nach der Höhe oder Tiefe des Tones kleiner oder größer sind, sich in verschiedenen Richtungen gegen einander bewegen, und durch ihre Begrenzungsstellen secundäre Figuren bilden, wo sich die Flüßigkeit häuft, und wo beim Sandversuche der von den leeren bewegten Glasstellen hingeworfene Sand sich sammelt. — Auffallend und ausnehmend schön wird der Wasserversuch, wenn es gelingt, sehr hohe Töne hervorzubringen, wo dann die ganze Fläche von ungemein kleinen Viereckchen wimmelt, die in vielfacher Begrenzung untereinander die mannigfaltigsten und wandelbarsten secundären Linien hervorbringen. Noch complicirter wird die Erscheinung, wenn manchmal mehrere höhere und tiefere Töne zugleich erklingen, wo dann größere und kleinere Wellen in der größten Mannigfaltigkeit durcheinander laufen. Die weitere Verfolgung dieser Phänomene, die Messung der Tonwellen, die Auffindung ihrer Gesetzmäßigkeit, weitere Ausdehnung auf die Tonlehre, auf Physiologie des Gehörs wäre ein Gegenstand weitläufiger Abhandlungen.»

28.

Mit der Höhe des Tones rücken die Theilungslinien der Schallwellen immer näher aneinander, d. h. die ruhenden Theilungslinien werden häufiger, die schwingenden Theile oder Schallwellen immer kleiner.

29.

Diese ruhenden und bewegten Theile, oder diese scharfbegrenzten und zitternden Schallwellen sind durch die Schallleitung auch in dem Wasser des Labyrinthes gesetzt. Der Hörnerve, auf der Spiralplatte diesen Schallwellen ausgesetzt, ist also auch in aliquoten Theilen ruhend, in aliquoten bewegt, erzitternd. Auch er theilt die Theilungslinien der Schallwellen, deren Größe mit der Höhe des Tones abnimmt. Und so ist also die Empfindung des bestimmten Tones nicht durch eine dem Hörsinne durchaus fremdartige Vergleichung von Schwingungszeiten und Zahlen, sondern durch das Verhältniß der aliquoten ruhenden und der auf irgend eine Art, wohin auch die Bewegung gehört, afficirten Theile des Hörnerven bedingt.

30.

Nicht also etwa nur die Bewegung aliquoter Theile des Hörnerven bedingt den bestimmten Ton, sondern die Affection aliquoter Theile desselben überhaupt, sey diese durch was immer für einen Reiz bedingt.

31.

Ein Ton ist um so tiefer, je größer die Schallwellen des Labyrinthwassers, oder je seltener die ruhenden Theilungslinien zwischen den bewegten Theilen des Hörnerven sind.

32.

Diejenigen Töne sind harmonisch, bei welchen die Theilung des Hörnerven in aliquote ruhende und bewegte

Theile gesetzmäßig ist und in gewißen einfachen Verhältnissen abwechselt.

33.

Diejenige Affection des Hörnerven wird als Geräusch gehört, in welcher ein Mißverhältniß in der Theilung des Labyrinthwassers und des Hörnerven in ruhende und bewegte Theile obwaltet, so wie auch bei dem rauschenden äußern Körper keine gesetzmäßige Theilung in bewegte und ruhende Theile zu erkennen ist.

34.

So wie es subjective Blendungsfarben giebt, so giebt es auch subjectives Nachklingen in einem andern Tone. Die subjectiven Blendungsfarben sind die harmonischen Gegensätze der objectiven Farben, durch welche sie erregt worden. Die subjectiv mitklingenden Töne sind auch harmonisch mit den Tönen, wodurch sie erregt worden. Der Grund der musikalischen Harmonie liegt also physiologisch eben so gut in dem Organe, wie der Grund der Farbenharmonie im Auge. Wenn man einen solchen subjectiv mitklingenden harmonischen Ton hören soll, müssen zwei andere harmonische Töne anhaltend und gleich stark angesprochen werden, und Alles muß umher still seyn. Wird die kleine Terze mit dem Grundtone angesprochen, so ist der mitklingende tiefere Ton um zwei Octaven und eine große Terze verschieden, und der Dreiklang besteht aus Grundton, kleiner Terze und kleiner Sexte. Mit dem Anspruch der Terze, der Quinte klingt der Grundton aus einer tieferen Octave mit. Diese subjectiven Töne sind den Blendungsfarben durchaus analog und unterscheiden sich nur von ihnen dadurch, daß der subjective harmonische Ton nur durch die Verbindung zweier anderen har-

monischen Töne entstehen kann, welche den Dreiklang fordern, die harmonische Blendungsfarbe aber durch jede einzelne objective Farbe gefordert wird. Die subjectiven mitklingenden Töne sind Tartini, Romieu, Lagrange, Young, Sarti bekannt; Vogler hat selbst in einem einzelnen Falle im Orgelbau auf sie vertraut.

35.

Die subjectiven mitklingenden Töne sind mit den objectiv mitklingenden nicht zu verwechseln. Jedes musikalische Instrument, jede Saite klingt angesprochen außer dem Grundtone einige andere Töne mit; nämlich bei der einfachsten Schwingungsart einer Saite kann, während sich die ganze Saite bewegt, auch jede Hälfte, jeder dritte, vierte Theil derselben bewegt seyn, und die mit den Zahlen 2, 3, 4, 5 übereinkommenden höheren Töne klingen mit, gewöhnlich in anderen Octaven. So giebt es gar keinen einfachen Ton in der ganzen Natur, immer klingen andere Töne auf demselben Instrumente, auf derselben vollkommen isolirten Saite mit, und es kömmt auf die Stelle des Anspruchs an, welche Theile der Saite noch nebenbei in aliquoten Theilen schwingen, oder welche höheren Töne mitklingen. Diese objectiv mitklingenden Töne sind leicht von den subjectiven zu unterscheiden, und man kann nicht auf den Gedanken kommen, daß beide eine gleiche objective Entstehung haben, wenn man bedenkt, daß alle objectiv mitklingenden Töne im Bereich des Instrumentes liegen, also immer höher als der Grundton desselben seyn müssen. Die subjectiven mitklingenden Töne gehören aber immer tieferen Octaven an, als der Grundton des Instrumentes angiebt, können also nie in dem Instrumente selbst ihren objectiven Grund haben.

36.

Bei allen Instrumenten, deren Töne steigen im umgekehrten Verhältniß der Länge der Vibrationsorgane, sind die mitklingenden Töne in dem arithmetischen Verhältniß von 1, 2, 3, 4, 5, also des Grundtons, der Octave, der Terze, der Quarte, der Quinte. Dahin gehören die Saiten- und die Blasinstrumente. Bei allen anderen Instrumenten, deren Töne steigen nicht im umgekehrten Verhältniß ihrer Länge, sondern im umgekehrten Verhältniß der Quadrate ihrer Länge, sind die objectiv mitklingenden Töne in Quadraten fortschreitend, also nicht in dem Verhältniß von 1, 2, 3, 4, 5, sondern von 1, 4, 9, 16, u. s. w. Bei diesen Instrumenten sind die mitklingenden Töne immer dissonirend, disharmonisch. Dahin gehören die Scheiben, die Glocken, die Harmonica, das Euphon u. a. Diese genauere Scheidung haben wir besonders Chladni zu verdanken; und es widerlegt sich daraus die Annahme mancher Schriftsteller wie Rameau, d'Alembert, Sulzer, welche den Grund unseres Sinnes für Harmonie darin suchten, daß wir nie einen einfachen Ton, sondern von selbst auch immer einige harmonische mitklingende Töne hörten. Wäre aber diese Angewöhnung an das Mitklingen höherer Töne der Grund der Harmonie, so müßten, wie Chladni richtig bemerkt, diejenigen Töne auf den Saiten consonirend seyn, welche auf anderen musikalischen Instrumenten dissoniren, weil hier die consonirenden nie mitklingen. So müßte auf den Glocken und auf der Harmonica das Verhältniß des Grundtons zur None, des großen C zum eingestrichenen d consonirend seyn.

37.

Die subjectiv mitklingenden Töne sind aber immer

harmonisch, und sind zwei Töne gegeben, so kann der dritte subjective tiefere kein anderer seyn, als der zu ihrem Dreiklang geforderte, wie die Blendungsfarbe keine andere als die harmonische seyn kann, nach welcher das Auge zur Darstellung des ganzen Farbenkreises, zur Beruhigung seiner einseitigen Stimmung bedürftig ist. Die nähere Kenntniß der subjectiven mitklingenden harmonischen Töne, wovon wir bis jetzt nur gar wenig wissen, würde für die Physiologie des Gehörs eine Grundlage werden, wie es die Blendungsfarben für die Physiologie des Gesichtes geworden sind.

38.

Die Leidenschaften stehen in einem Verhältniß der Verwandtschaft und Feindschaft, welches Spinoza in dem vierten und fünften Buche seiner Ethik der Wahrheit gemäß gezeichnet hat, wovon aber freilich die Psychologie unserer Zeit wenig Notiz genommen hat. In einem ähnlichen Verhältniß sind die Consonanzen und Dissonanzen der Töne. So entsteht aus den Energieen eines Sinnes die Symbolik aller Launen unserer Stimmung und der geheimsten Umtriebe in unserm leidenschaftlichen Wesen. Die Musik versinnlicht die Bewegungen des Gemüthes in ihrem Werden und Beschwichtigen, vermöge der Verbindung und Folge der harmonischen Energieen des Gehörsinnes. Dieser Standpunct kömmt ihr allein vorzugsweise unter den Künsten zu, da jede andere Kunst nicht so sehr das Werden und Beschwichtigen der Leidenschaften in den feinsten Regungen, Verwandtschaften, Uebergängen der Gefühle, als vielmehr das Resultat, den Entschluß dieses Processes, welcher in Worte und Zeichen zu fassen ist, darstellt. Die Musik würde aber ihre Bestimmung verkennen, wenn sie Handlungen als Resultate der Leidenschaften

und der Freiheit zum Gegenstand ihrer Darstellung machen wollte. Es giebt auch eine Musik, welche nicht so sehr durch die Energieen des Sinnes die Bewegungen des Gemüthes begleiten will, als vielmehr den ganzen Umfang der Sinnlichkeit des Ohrs in Tönen spielend uns vergegenwärtigen will. Doch ist dieß nur erst das erste jugendliche Bewußtseyn unserer Sinnlichkeit in der Kunst. Von hier aus verzweigt sich die Kunst in zwei Richtungen, als Symbolik des Werdens und Vergehens in der Natur, der schaffenden und zerstörenden Naturthätigkeiten, Instrumentalmusik, des Ueberganges in den Bewegungen des Gemüthes, Vocalmusik.

Sinnstörender Druckfehler.

S. 62. L. 15. lies: Refraction statt Reflexion.

Gedruckt bei C. F. Thormann in Bonn.

Tab. I.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10

Fig. 11.

Fig. 12

Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18

W. Engels sculp.

Fig: 1.

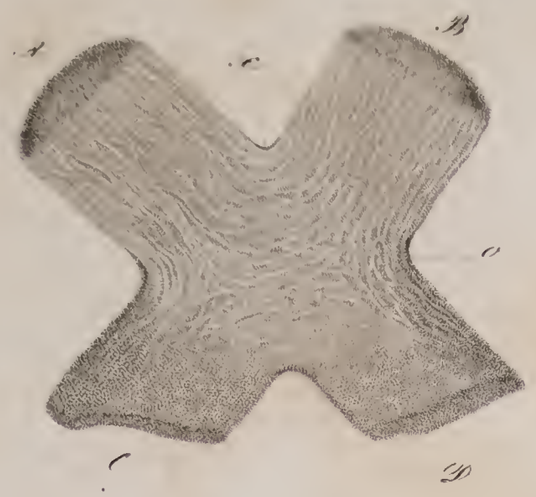


Fig: 4.

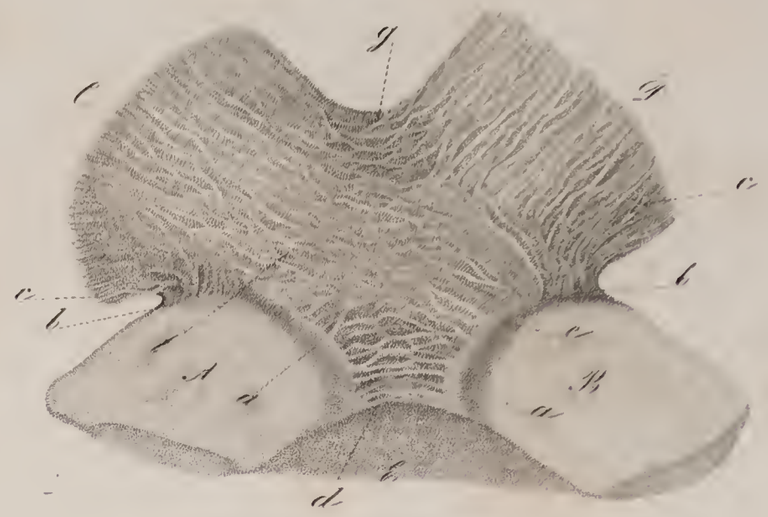


Fig: 2.

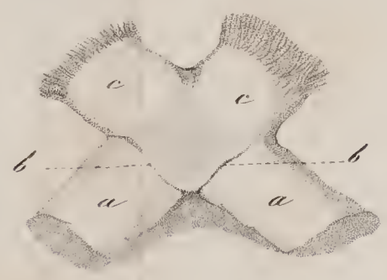


Fig: 3

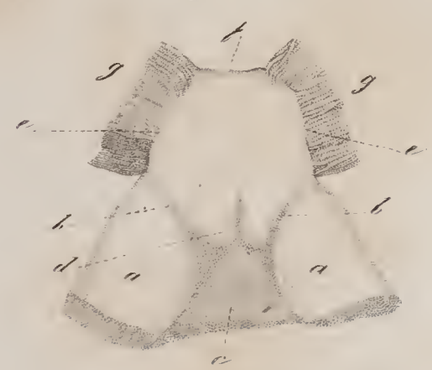
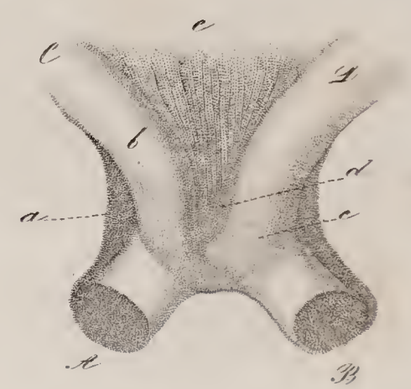


Fig: 5.



D. J. Müller ad nat. delin.

Schubert sculp. Bonn 83

Pl. I. Miller del.

J. F. Heath sc.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 19.

Fig. 17.

Fig. 16.

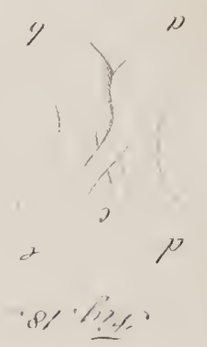


Fig. 18.

Fig. 12.

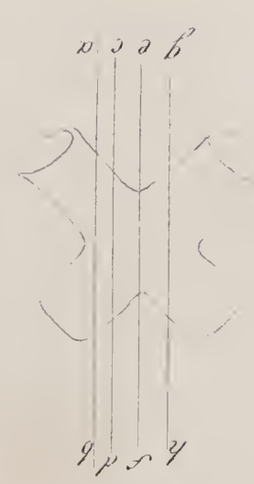


Fig. 15.

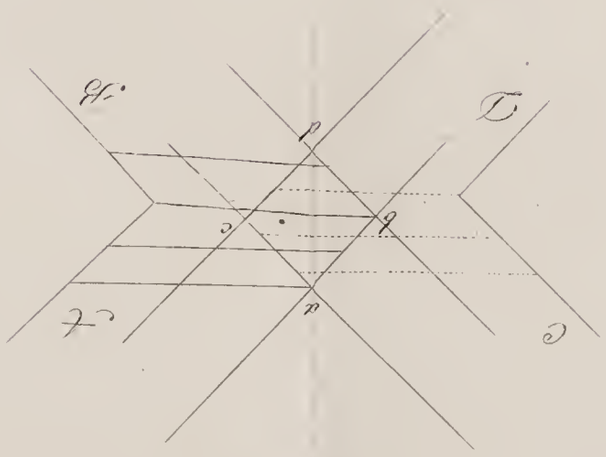


Fig. 11.

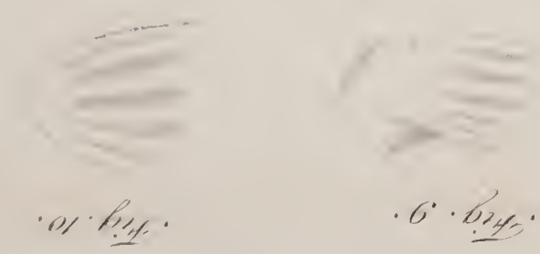


Fig. 10.

Fig. 9.

Fig. 8.

Fig. 7.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Pl. III.

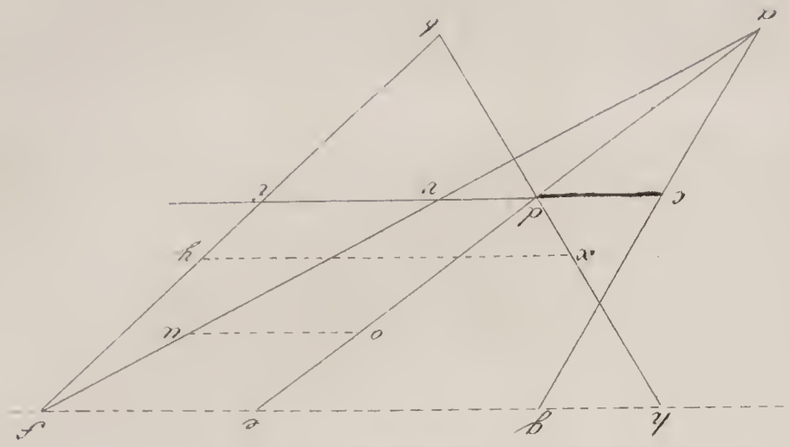


Fig. 9.

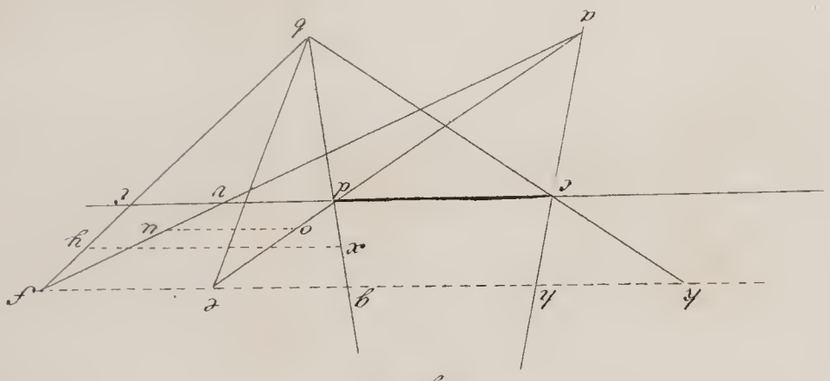


Fig. 8.

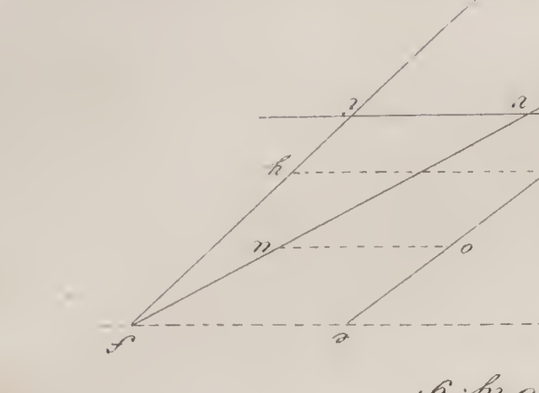


Fig. 10.

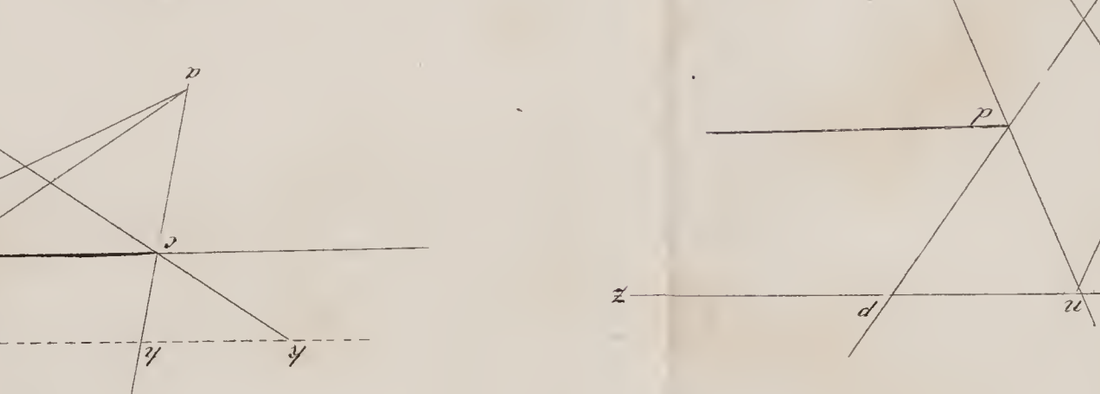


Fig. 7.

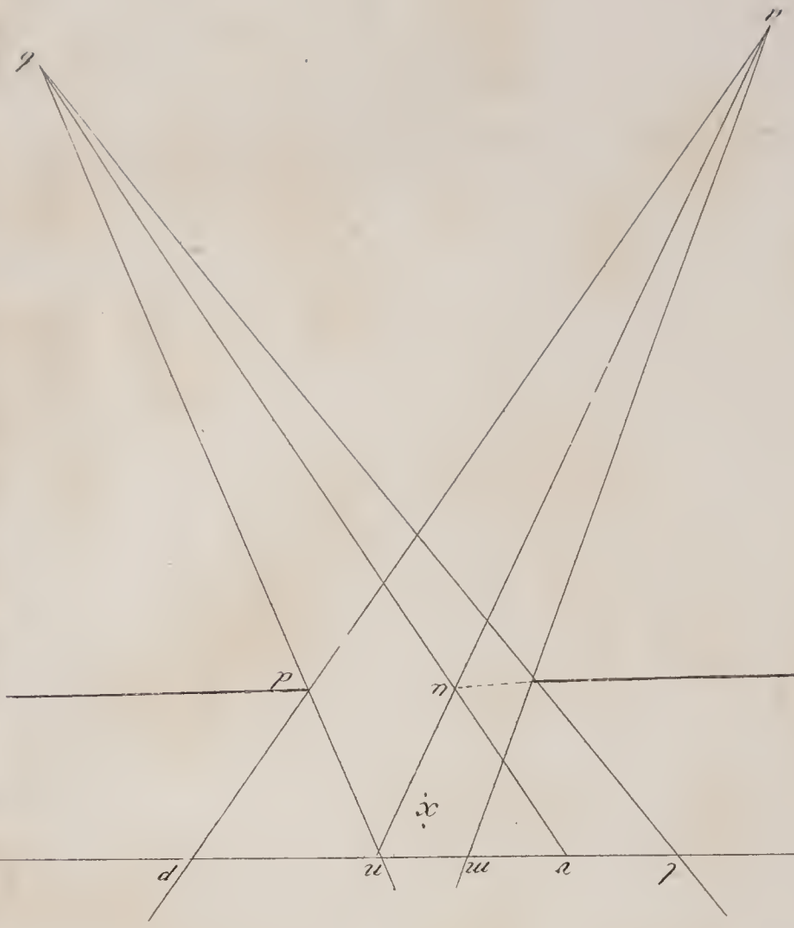


Fig. 11.

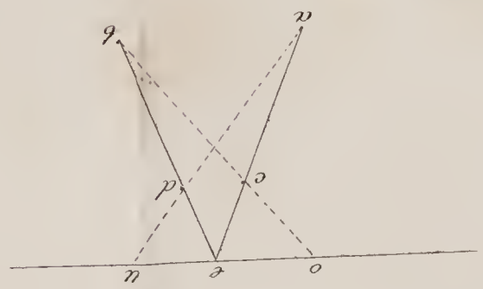


Fig. 5.

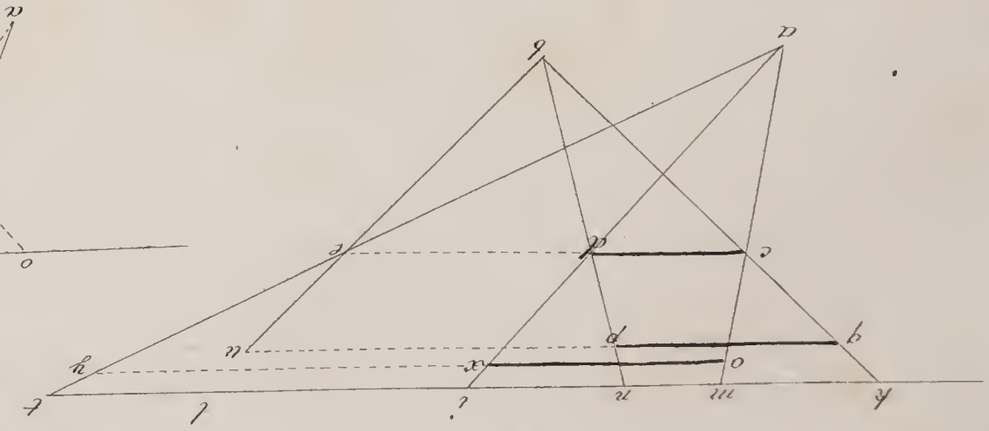


Fig. 6.

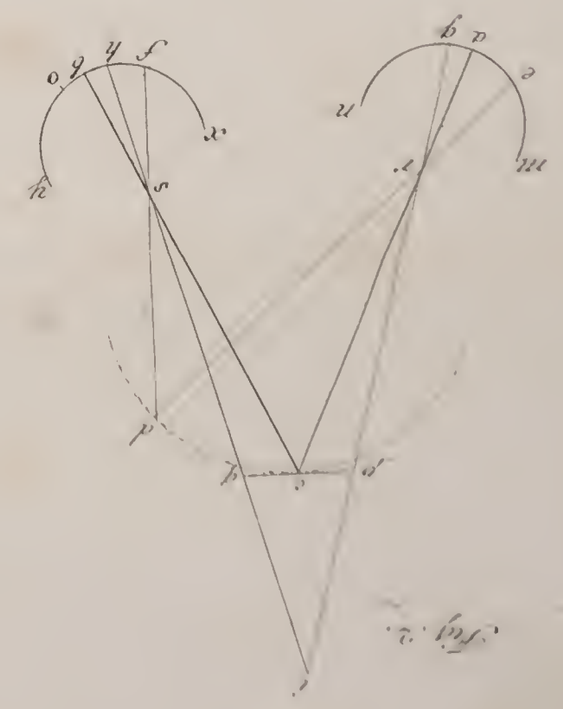


Fig. 12.

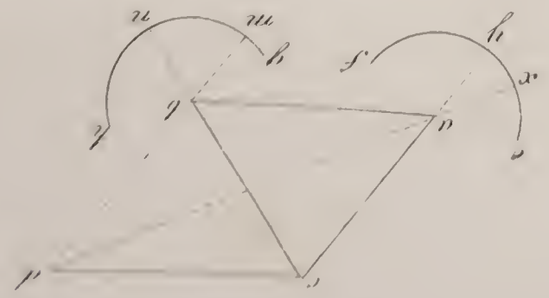


Fig. 1.

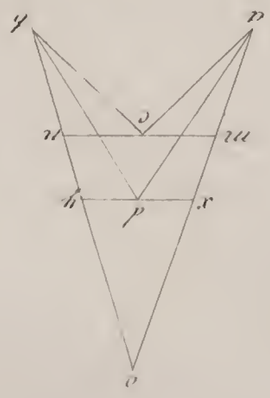


Fig. 4.

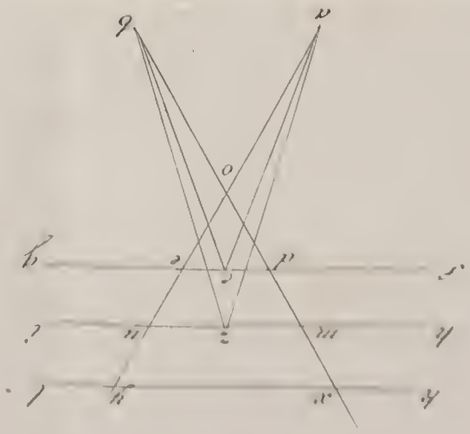
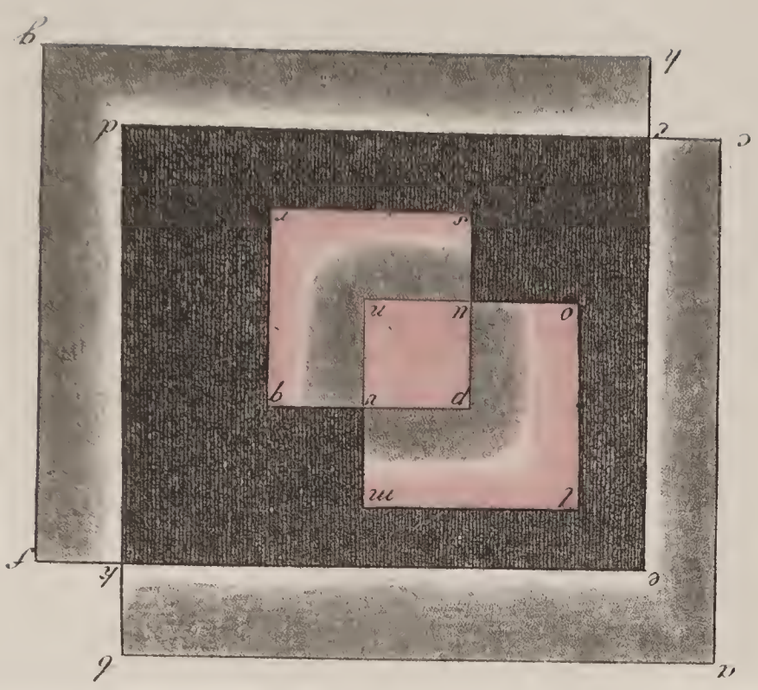
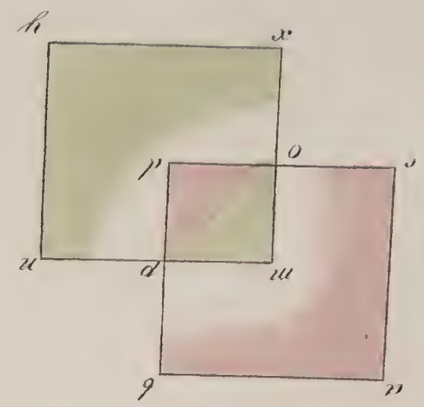


Fig. 3.

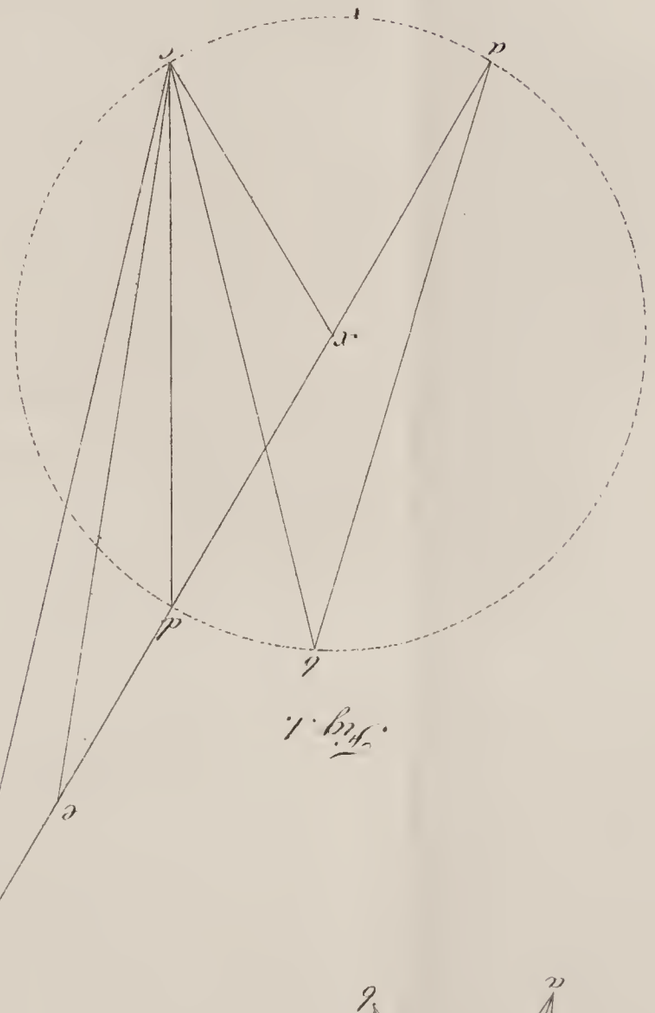
Tab. III.



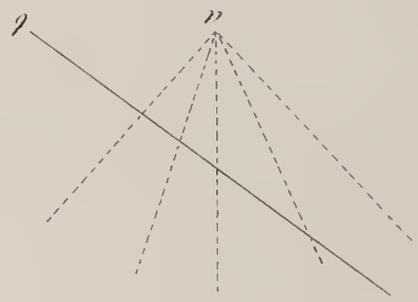
Фиг. 8.



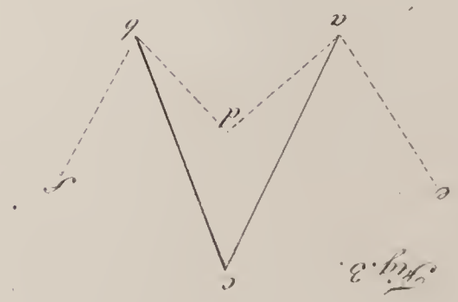
Фиг. 7.



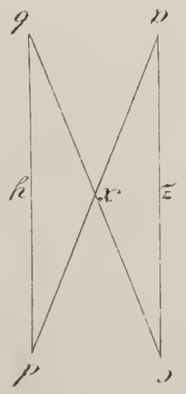
Фиг. 1.



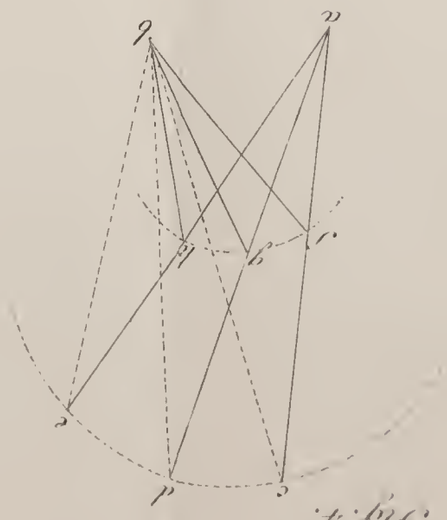
Фиг. 6.



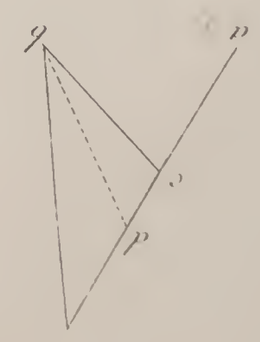
Фиг. 3.



Фиг. 2.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Таб. IV.

Tab. IV.

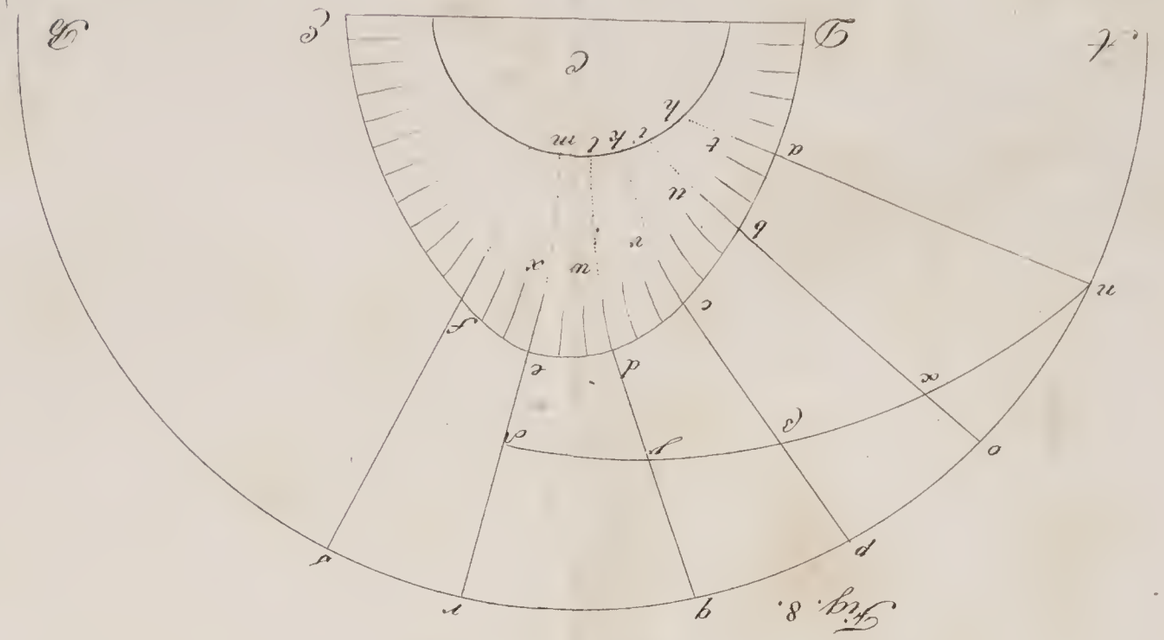


Fig. 8.

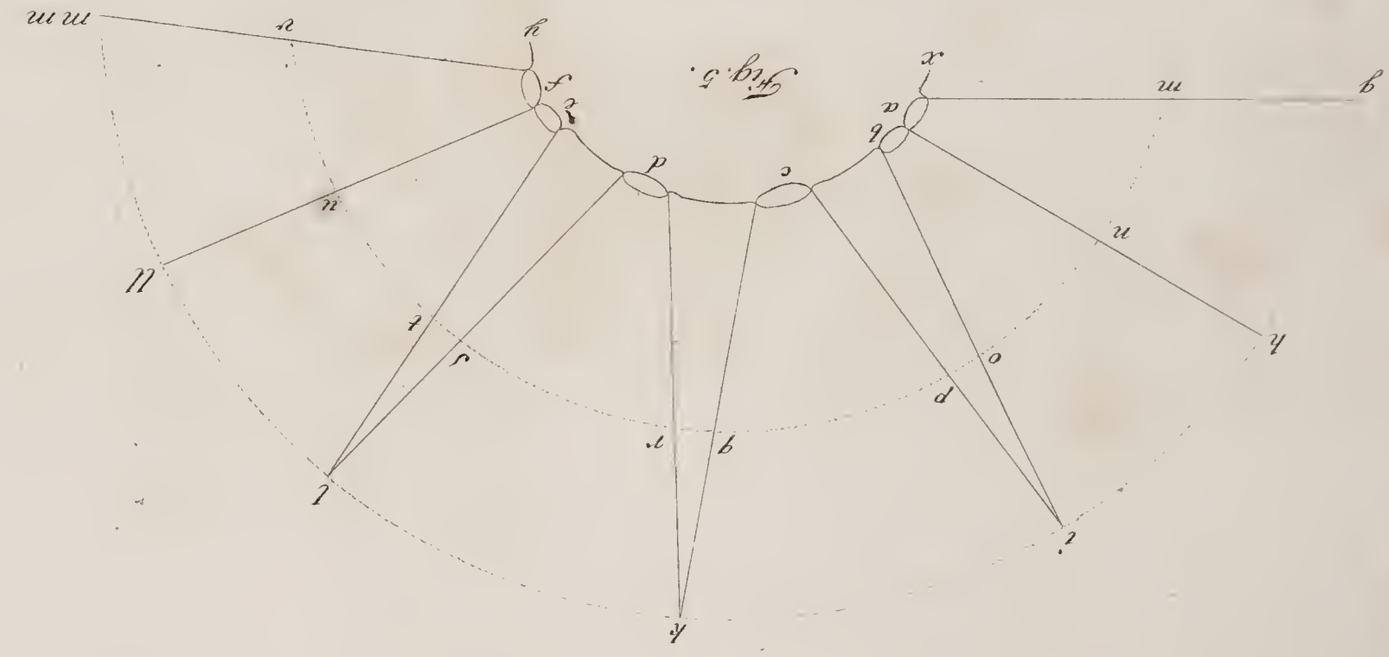


Fig. 5.

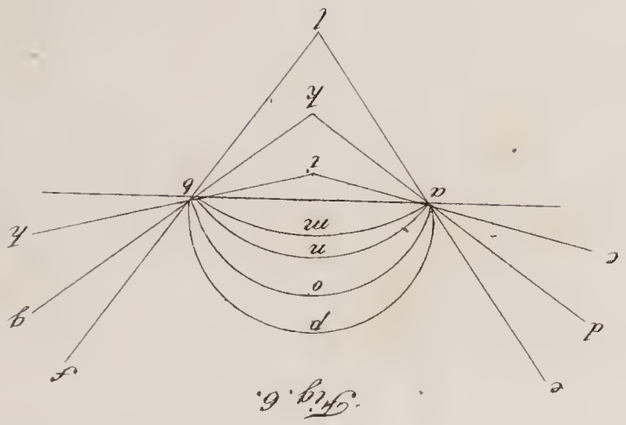


Fig. 6.

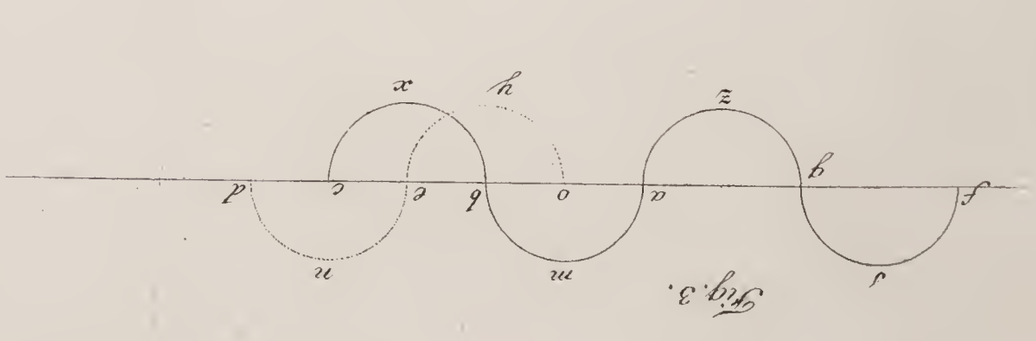


Fig. 3.

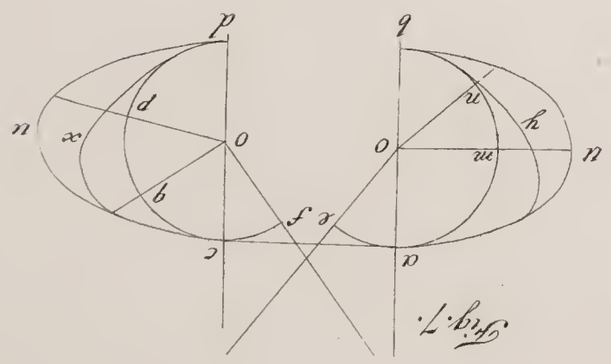


Fig. 7.

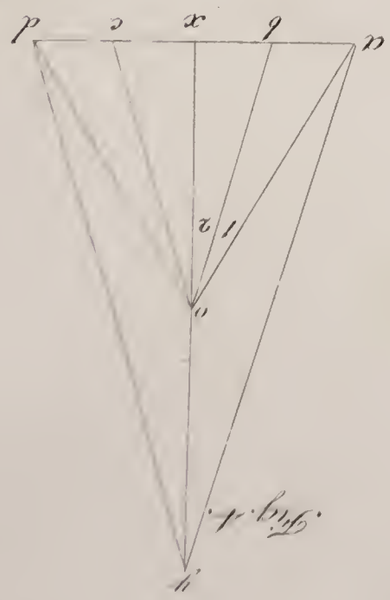


Fig. 4.

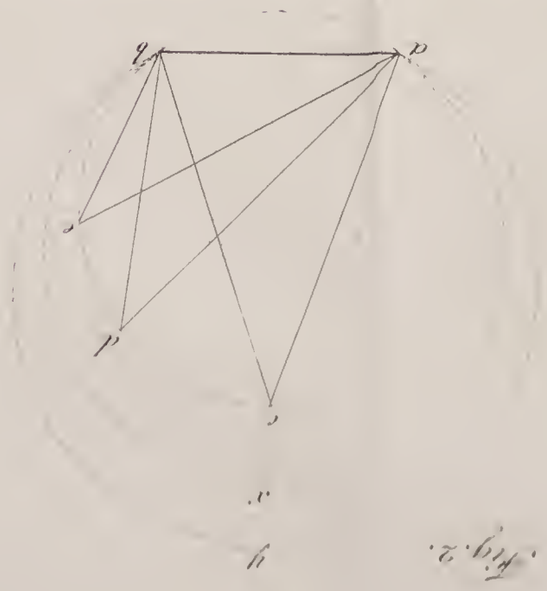


Fig. 2.

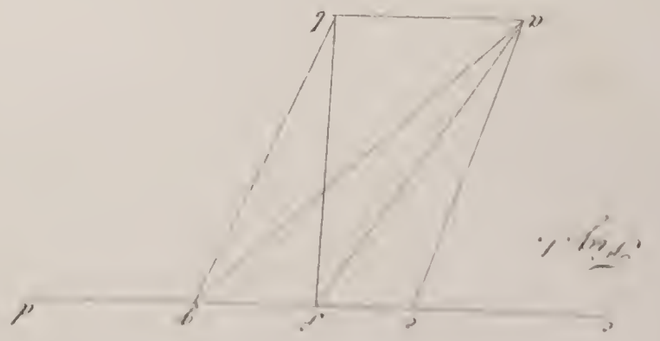


Fig. 1.

Fig. 1.

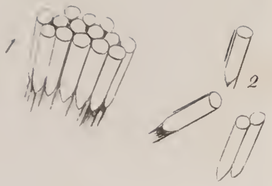


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

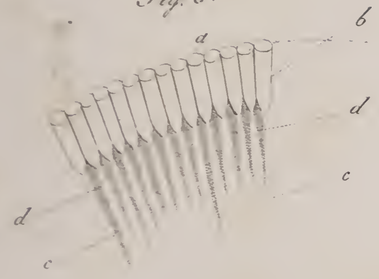


Fig. 6.

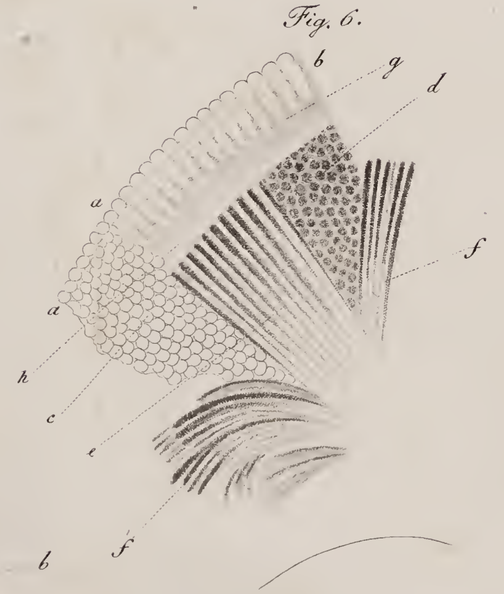


Fig. 7.

Fig. 8.

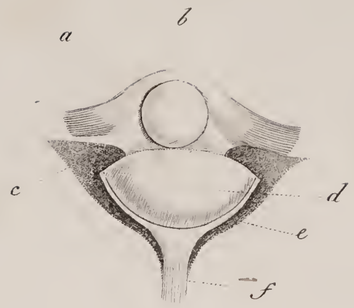


Fig. 9.

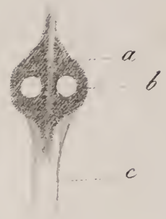


Fig. 10.

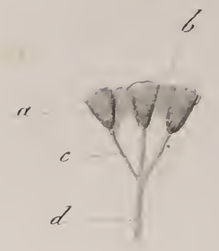


Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

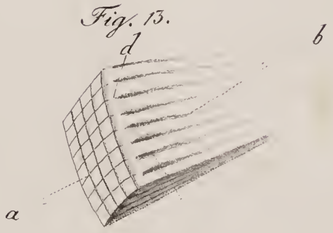


Fig. 14.

Fig. 15.

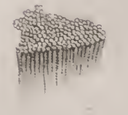
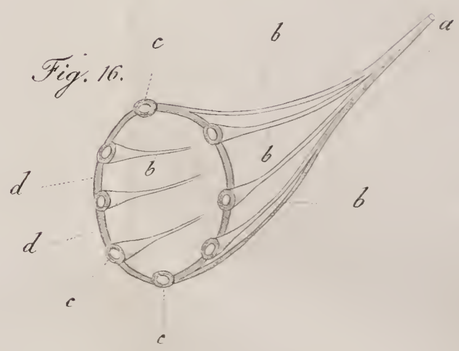
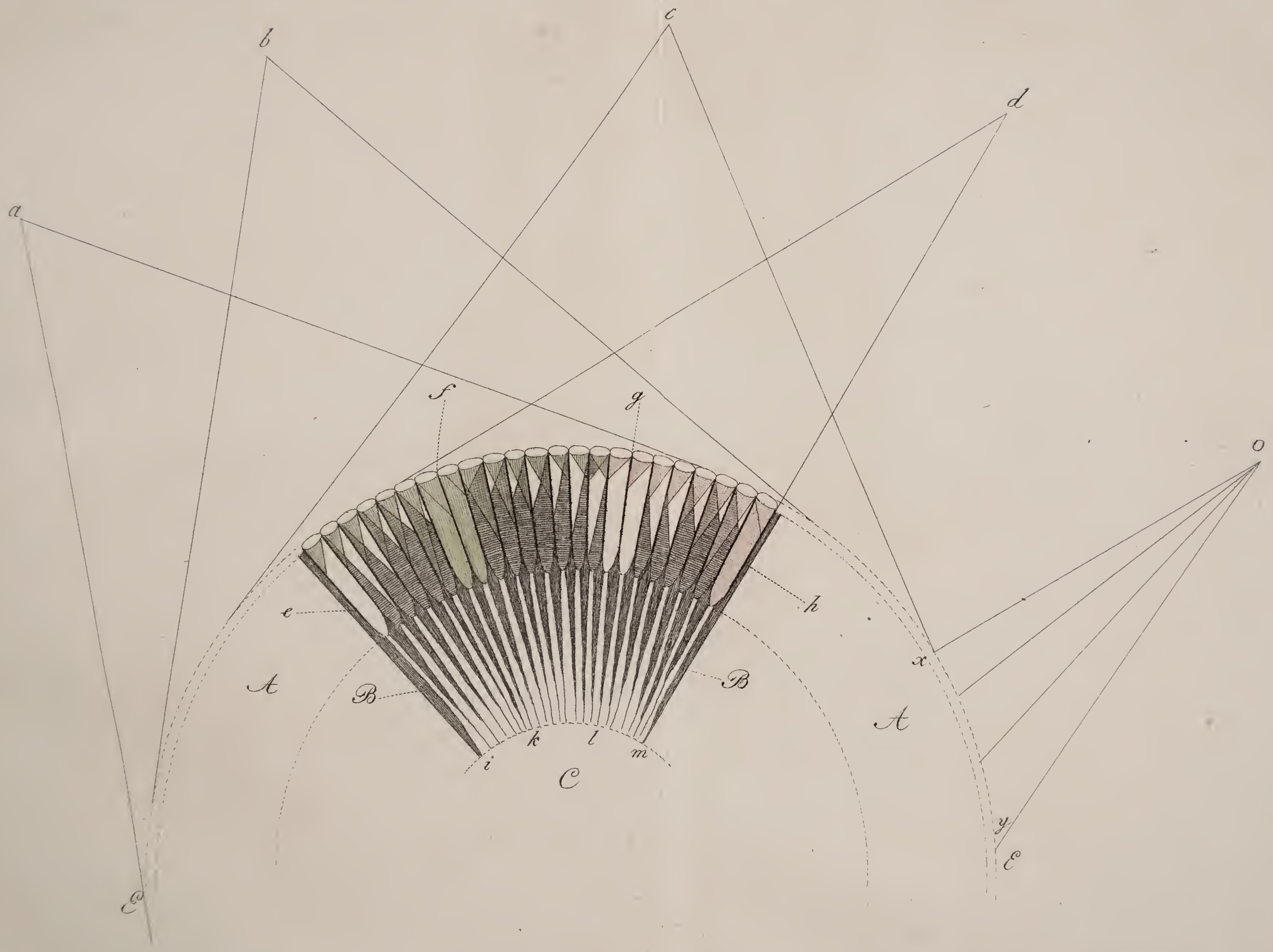
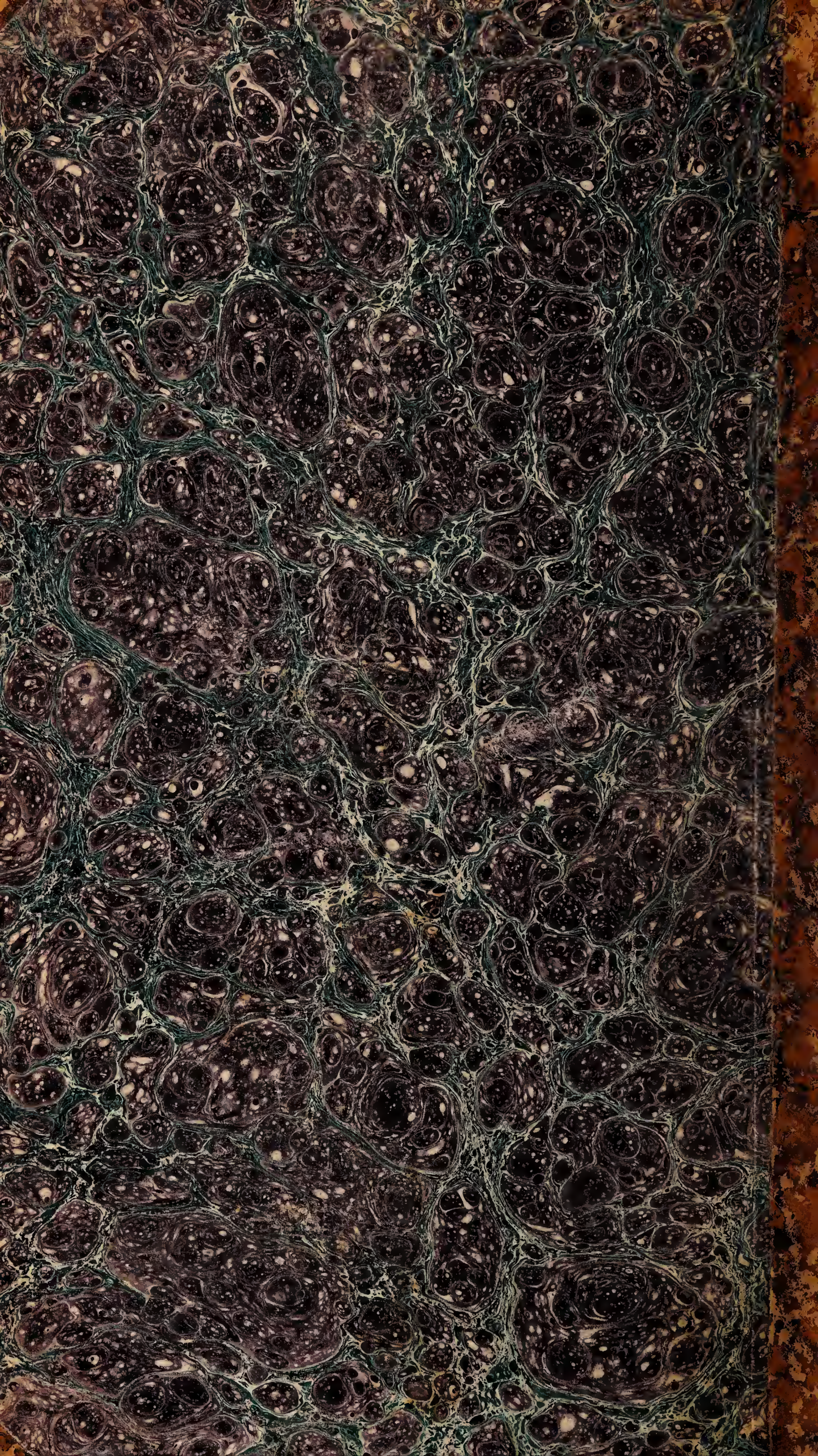


Fig. 16.



J. Müller del.

J. F. Schröter sc. Lipsiae.



J. F. Schröter sc.